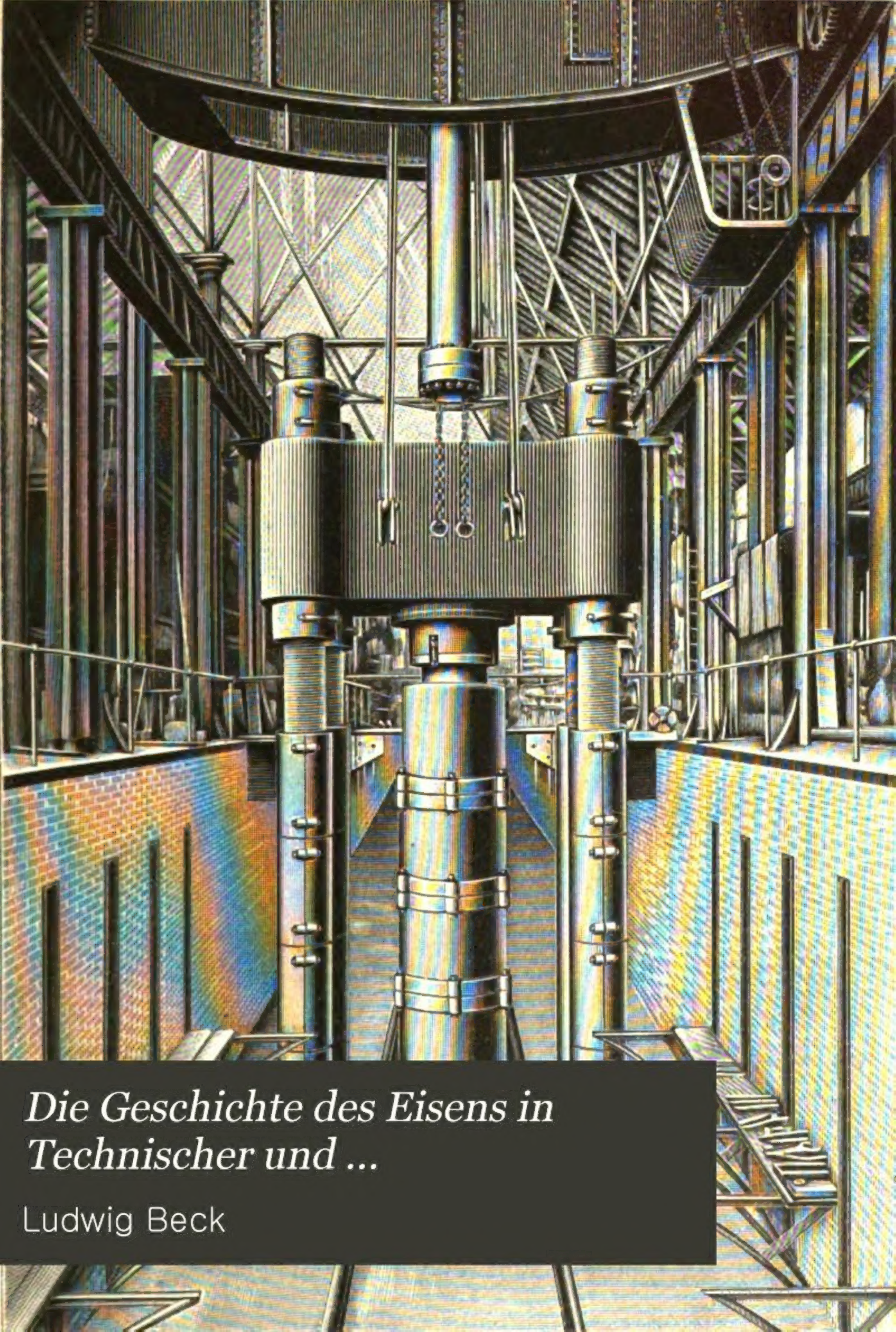


Die Geschichte des Eisens in Technischer und ...

Ludwig Beck

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

DIE

GESCHICHTE DES EISENS

IN TECHNISCHER UND

KULTURGESCHICHTLICHER BEZIEHUNG

VON

DR. LUDWIG BECK

FÜNFTE ABTEILUNG

DAS XIX. JAHRHUNDERT

VON 1860 AN BIS ZUM SCHLUSS

MIT IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN ABBILDUNGEN

ERSTE LIEFERUNG

BRAUNSCHWEIG
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN
1901

Digitized by Google

ANKÜNDIGUNG.

Die fünfte Abteilung der „Geschichte des Eisens" umfaſst die Zeit von dem Jahre 1860 bis zur Gegenwart, beziehungsweise bis zum Ende des neunzehnten Jahrhunderts.

Sie behandelt einen Abschnitt von so hervorragender Wichtigkeit für die Entwickelung der Eisenindustrie, daſs sich kein ähnlicher früherer damit messen kann.

Der gewaltige Umschwung, den die Bereitung und die Verwendung des Eisens durch die neuen Stahlerzeugungsprozesse, die den Sieg des Fluſseisens über das Schweiſseisen veranlaſsten, erfuhr, fällt in diese Periode. Durch die Massendarstellung des Fluſsstahls zu billigem Preise hat dessen Verwendung eine groſse Zunahme erfahren und ist die Bedeutung des Eisens sehr gestiegen.

Es ist eine schöne, aber auch eine schwierige Aufgabe, die Geschichte des Eisens dieser neuesten Zeit zu schreiben. Die Schwierigkeit liegt darin, daſs der zu bewältigende Stoff einesteils ein sehr umfangreicher, anderenteils es nicht leicht ist, Vorgänge und Erfindungen, die in die Gegenwart hineinreichen und über deren bleibenden Wert eine ausreichende Erfahrung noch fehlt, geschichtlich richtig zu würdigen. Der Verfasser hat sich um möglichste Objektivität bemüht, ob ihm dies aber nach der persönlichen Anschauung seiner Leser immer gelungen ist, hofft er zwar, muſs dies aber der Kritik anheimstellen.

Zur besseren Übersicht erschien es zweckmäſsig, die Zeit von 1860 bis 1870 für sich zu behandeln, die ganze folgende Periode seit 1870 aber zusammenzufassen.

In beiden Abschnitten wird erst die Entwickelung der Eisenindustrie im Allgemeinen, dann die der einzelnen Länder geschildert.

In der Zeit von 1860 bis 1870 fällt die erfolgreiche Einführung und Ausbreitung des Bessemerprozesses, die Erfindung der Regeneratorfeuerung von Siemens und im Anschluſs hieran die Einführung des Flammofenstahlprozesses und des Martinstahls.

In der Zeit nach 1870 steht die Entphosphorung, d. h. die Verwendung phosphorhaltiger Roheisensorten für die Fluſsstahlbereitung im Mittelpunkt der Bestrebungen und findet Ende der siebziger Jahre durch die Erfindung von Thomas und Gilchrist in dem basischen Bessemern, dem Thomasprozeſs, seine glückliche Lösung. Hierauf folgt durch die Übertragung desselben Prinzips auf den Flammofen die Einführung des basischen Martinprozesses. Auſserdem fand die von Siemens erfundene Wärmeregeneration mannigfaltige anderweitige Verwendung, besonders für die steinernen Winderhitzer von Cowper, Whitwell u. a. m. bei dem Hochofenprozeſs, wodurch die Roheisenerzeugung bedeutend gesteigert wurde.

Es genügt, diese wichtigsten Fortschritte zu streifen, um auf die groſsen Errungenschaften dieser Zeit hinzuweisen. Zahllos sind daneben die Erfindungen auf chemischem und physikalischem, besonders dem mechanischen Gebiet; wir erinnern nur an die Verwendung der Hydraulik und der Elektricität. Die selbstthätige mechanische Bedienung an Stelle der Handarbeit, die besonders in den Vereinigten Staaten von Nordamerika ausgebildet wurde, findet immer allgemeinere Verbreitung in dem Eisengewerbe.

Alle diese Erfindungen haben zusammengewirkt, die Leistungsfähigkeit der Eisenindustrie in einer Weise zu steigern, die bewunderungswürdig ist.

Der lange Weg der Geschichte des Eisens hat uns ganz allmählich von kleinen Anfängen fortschreitend auf eine Höhe geführt, von der wir siegesfroh rückwärts und hoffnungsvoll vorwärts schauen dürfen.

Digitized by Google

DIE

GESCHICHTE DES EISENS

IN TECHNISCHER UND

KULTURGESCHICHTLICHER BEZIEHUNG

FÜNFTE ABTEILUNG

DAS XIX. JAHRHUNDERT

VON 1860 AN BIS ZUM SCHLUSS

Digitized by Google

DIE

GESCHICHTE DES EISENS

IN TECHNISCHER UND

KULTURGESCHICHTLICHER BEZIEHUNG

VON

DR. LUDWIG BECK

FÜNFTE ABTEILUNG

DAS XIX. JAHRHUNDERT

VON 1860 AN BIS ZUM SCHLUSS

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

MIT 344 IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN ABBILDUNGEN

BRAUNSCHWEIG

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN

1903

Digitized by Google

TN703
B4
v.5

Alle Rechte, namentlich dasjenige der Übersetzung in fremde Sprachen,
vorbehalten

Digitized by Google

INHALTSVERZEICHNIS.

Die Geschichte des Eisens von 1861 bis 1870.

	Seite
Einleitung	1 bis 7
Litteratur	7 „ 12
Chemie	13 „ 24
Physik	25 „ 30

Eisenbereitung.

Vorbereitung zu dem Hochofenprozefs	30 „ 80
Rösten und Aufbereiten der Erze 30 bis 35, Koksfabrikation 35 bis 37, Winderzeugung und -erhitzung 38 bis 46, Hochofenbau 46 bis 68, Hochofenbetrieb 68 bis 80.	
Die Eisengiefserei von 1861 bis 1870	80 „ 90
Schmiedbares Eisen 1861 bis 1870:	
Direkte Schmiedeeisenbereitung	90 „ 97
Reinigen und Vorfrischen des Roheisens	97 „ 99
Die Schweifseisenbereitung	100 „ 122
Die Stahl- und Flufseisenbereitung 1861 bis 1870:	
Die Fortschritte des Bessemerprozesses	122 „ 170
Flammofenstahlschmelzen	171 „ 180
Cement- und Flufsstahlfabrikation	180 „ 194
Fortschritte der Bearbeitung des Eisens	194 „ 217
Fortschritte in der Verwendung des Stahls und Flufseisens	218 „ 230
Geschichte des Eisens in den einzelnen Ländern 1861 bis 1870	231 „ 298

Allgemeines 231 bis 233, Grofsbritannien 234 bis 245, Frankreich 245 bis 251, Belgien 251 bis 253, Deutschland 253 bis 269, Österreich-Ungarn 269 bis 273, Skandinavien 273 bis 278, Rufsland 278 bis 284, Italien 284 bis 286, Spanien, Türkei 286, Vereinigte Staaten 287 bis 298.

111917

Digitized by Google

Die Geschichte des Eisens von 1870 bis Ende des Jahrhunderts.

Seite
Einleitung . . . . 301 bis 318
Übersicht der Litteratur zur Eisenindustrie seit 1870 . . . 319 „ 336
Chemie . . . . 336 „ 368
Bestandteile des Eisens 336 bis 354, Analyse 354 bis 368.
Physik des Eisens . . . . 368 „ 406
Wärme 368 bis 376, Mikroskopie, Kleingefüge 376 bis 389, Festigkeit, Härte 389 bis 401, Elektrizität 401 bis 406.

Die Fortschritte im Hüttenbetriebe.

Brennmaterial . . . . 406 „ 427
Vorbereitung zum Hochofenbetriebe . . . . 427 „ 449
Behandlung der Erze 427 bis 432, Winderzeugung und Winderhitzung 432 bis 449.
Hochöfen . . . . 449 „ 525
Mafse, Gestalt 449 bis 460, Äufsere Form, Panzerung 460 bis 471, Freilegung, Wasserkühlung 460 bis 471, Gasfänge, Aufgebevorrichtung 472 bis 482, Fortschritte im Betriebe 482 bis 497, Gasanalyse, Wärmemessung 497 bis 509, Leistungen 509 bis 516, Schlackenverwendung 516 bis 518, Gichtgase und Gichtgas-Kraftmaschinen 518 bis 525.
Die Eisengiefserei seit 1870 . . . . 525 „ 560
Die direkte Eisengewinnung . . . . 561 „ 576
Die indirekte Eisengewinnung:
Vorarbeiten zu den Frischprozessen . . . . 576 „ 586
Das Frischen im offenen Herd . . . . 586 „ 588
Der Puddelprozefs oder das Flammofenfrischen . . . 588 „ 614
Das Flufseisen. — Das Windfrischen:
Der saure oder Bessemerprozefs bis 1880 . . . . 614 „ 633
Die Erfindung und Einführung des Thomasprozesses von 1878 bis 1883 . . . . 633 „ 665
Weitere Entwickelung des Windfrischens von 1880 bis 1899:
Die Kleinbessemerei . . . . 665 „ 673
Fortschritte des Bessemer- und Thomasprozesses seit 1881 . . . . 673 „ 694
Fortschritte der Herdflufsstahlbereitung seit 1870 . . . . . 695 „ 731
Cement- und Tiegelgufsstahl . . . . 731 „ 751
Die Verwendung des Eisens . . . . 752 „ 757
Die Formgebung:
Der Stahlgufs. Blasenfreier Gufs . . . . 757 „ 761
Die chemischen Mittel zur Erzeugung dichter Stahlgüsse . . . . 761 „ 771
Stahlformgufs . . . . 771 „ 774
Die mechanische Formgebung . . . . 774 „ 784
Prefshämmer . . . . 784 „ 789
Die Walzwerke . . . . 789 „ 822
Eisenbahnschienen und -schwellen . . . . . . 823 „ 831
Blechfabrikation . . . . 831 „ 856

Digitized by Google

Seite
Panzerplattenwalzwerk . . . . 656 bis 864
Die Drahtfabrikation . . . . 865 „ 874
Hülfsmaschinen für den Walzwerksbetrieb . . 874 „ 878
Die Schweifsung . . . . 878 „ 884
Feuerwaffen . . . . 884 „ 889
Lieferungsbedingungen und Materialprüfung . . . . . . 889 „ 892
Technische Lehranstalten . . . . 892 „ 894

Die Geschichte des Eisens in den einzelnen Ländern seit 1870 . . . . 895 „ 1370

Allgemeines 895 bis 897, Grofsbritannien 897 bis 980, Deutschland (mit Luxemburg) 980 bis 1065, Preufsen 1066 bis 1083, Frankreich 1084 bis 1116, Belgien 1116 bis 1141, Österreich-Ungarn 1141 bis 1183, Schweden 1183 bis 1204, Rufsland 1205 bis 1234, Italien 1234 bis 1248, Spanien 1248 bis 1262, die übrigen Länder Europas 1262 bis 1275.

Amerika: Die Vereinigten Staaten 1276 bis 1342, Kanada 1343 bis 1346, Mexiko 1346, Kuba 1347, Kolumbia, Brasilien 1348, Argentinien 1350.

Asien: China 1352 bis 1355, Japan 1356 bis 1363, Ostindien 1364 bis 1366.

Afrika 1367 bis 1369. Australien 1369.

Weltproduktion . . . . 1371 „ 1388

Übersicht der Erzeugung aller Länder seit 1870 1371 bis 1380, Ein- und Ausfuhr 1380 bis 1382, Verbrauch 1383 bis 1385, Zoll 1386, Eisenbahnen 1387.

Schlufswort 1389

Digitized by Google

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

Die Geschichte des Eisens von 1861 bis 1870.

Einleitung.

Die Eisenindustrie nahm in dem Jahrzehnt von 1861 bis 1870 einen mächtigen Aufschwung. Die wichtigen Erfindungen, welche in dem vorhergegangenen Jahrzehnt gemacht worden waren, kamen in diesem Zeitabschnitte zur Geltung, Anwendung und vollen Entfaltung. Es waren dies namentlich der Bessemerprozefs und Siemens Regenerativfeuerung. Hierzu traten zahlreiche neue Erfindungen, welche in dieser Zeit gemacht wurden. Waren dieselben auch nicht so originell und grundlegend, wie die genannten, so hat doch eine derselben, der Martinprozefs, obgleich eigentlich nur eine glückliche Anwendung von Siemens' Regenerativfeuerung, in ihrer weiteren Ausgestaltung eine grofse praktische Bedeutung erlangt.

Alle diese wichtigen Erfindungen dienten in erster Linie der Stahlbereitung. Um die Darstellung, Verarbeitung und Verwendung des Stahls drehte sich in dieser Zeit das Hauptinteresse. Die Verbilligung des Stahls vermehrte seine Anwendung von Jahr zu Jahr.

Die technischen Fortschritte waren es aber nicht allein, die den Aufschwung der Eisenindustrie in diesem Jahrzehnt bewirkten. Äufsere Umstände wirkten dazu mit und zwar nicht nur Werke des Friedens, sondern in hervorragender Weise auch Werke des Krieges, die des Eisens bedurften und die Eisenindustrie in ausgedehntem Mafse beschäftigten. Die uralte Doppelnatur des Eisens, die zerstörende und die schaffende, trat in diesem kriegerischen Jahrzehnt wieder einmal in neue grelle Beleuchtung. In ihm vollzog sich die Umwälzung der Waffentechnik, welche hauptsächlich durch die Fortschritte der Eisenindustrie und durch die Verbilligung des Stahls veranlafst war. Der Umschwung in der Bewaffnung und die Massenerzeugung übten wieder ihre Rückwirkung auf die Entwickelung dieser Industrie aus.

Digitized by Google

Betrachten wir in Kürze die kriegerischen Ereignisse, welche hierzu beitrugen. In Europa hatte Napoleon III. die Erbschaft seines grofsen Oheims angetreten und wurde unter der heuchlerischen Maske eines Vorkämpfers der Civilisation der Störenfried Europas. Seine hervorragenden Kenntnisse des Artillerie- und Bewaffnungswesens verwendete er zur Neuorganisation der Ausrüstung der französischen Armee. Er erkannte insbesondere die hohe Wichtigkeit der gezogenen Feuerwaffen und dehnte dieses Prinzip auch auf die Geschütze aus. In dem Feldzuge gegen Österreich im Jahre 1859, dem „Italienischen Kriege“, traten Napoleons gezogene Vierpfünder zum erstenmal in Aktion und bewiesen ihre Überlegenheit über die glatten Geschütze der Österreicher. Diese Überlegenheit der Feldartillerie trug wesentlich zu den Siegen der Franzosen bei. Es waren dies aber noch Bronzegeschütze und die Erfolge, welche Napoleon mit denselben errungen, waren die Veranlassung, dafs er den Versuchen, die Bronze durch Gufsstahl zu ersetzen, welche Preufsen auf Alfred Krupps unermüdliches Betreiben hin aufgenommen hatte, nicht die Aufmerksamkeit schenkte, die sie verdienten. Dagegen würdigte er eine andere neue Verwendung des Eisens für die Kriegsausrüstung in vollem Mafse, die der Eisenpanzerung der Schiffe.

Die ersten Versuche auf diesem Gebiete waren in Amerika gemacht worden. Der berühmte schwedische Ingenieur Ericsson hatte seine grofse Erfindungsgabe dieser Aufgabe gewidmet. Auf Napoleon hatte aber besonders die Vernichtung der türkischen Flotte bei Sinope am 30. November 1853, welche die Wehrlosigkeit der Holzschiffe gegen moderne Artillerie deutlich bewiesen hatte, tiefen Eindruck gemacht und er liefs deshalb schon 1854 schwimmende Batterien mit starker Eisenpanzerung bauen. Von diesen Verteidigungsschiffen ging man zu gepanzerten Schlachtschiffen über und nun begann jener für die Entwickelung der Eisenindustrie so wichtige Wettkampf zwischen Panzer und Geschütz, welcher von da an ununterbrochen fortgeführt wurde. Die Panzerplatten übertrafen bei weitem an Dicke die stärksten Blechplatten, die man bis dahin hergestellt hatte. Zu ihrer Anfertigung waren deshalb viel schwerere Hämmer und stärkere Walzwerke notwendig, als man vordem gebaut hatte. Die eisernen Platten von 5 und 6 engl. Zoll Dicke vermochten indes nicht lange den immer stärker konstruierten Geschützen und den immer härteren Geschossen, die man aus Stahl und Hartgufs anfertigte, zu widerstehen. Man war deshalb gezwungen, auch die Panzerplatten aus Stahl herzustellen, wozu aber wieder viel stärkere Bearbeitungsmaschinen erforderlich wurden.

Digitized by Google

Ihre Feuertaufe empfingen die Panzerschiffe da, wo sie zuerst entstanden waren, in Amerika, in dem grofsen Bürgerkriege bei dem berühmten Kampfe des Monitor gegen den Merrimac an der Mündung des St. Jamesflusses am 9. März 1862. Ersterer, ein von John Ericsfon erbautes, stark gepanzertes Turmschiff von unscheinbarer Gestalt und Gröfse, vernichtete durch sein riesiges Geschütz das viel gröfsere, aber schwächer gepanzerte Schlachtschiff der Südstaaten, das mit einem kräftigen Eisensporn zum Angriff ausgerüstet war. Dadurch war der Werth einer starken Panzerung und die Überlegenheit der Turmschiffe gegenüber den Batterieschiffen erwiesen. England beeilte sich deshalb, dieses System einzuführen, und liefs noch in demselben Jahre das grofse gepanzerte Linienschiff „Royal Sovereign" umbauen und mit vier Panzertürmen versehen.

In der weiteren Entwickelung kam man zu zwei Türmen oder gar nur zu einem drehbaren, mit Stahlplatten gepanzerten Turm, den man mit immer mächtigeren Geschützen ausrüstete. In England war es Oberst Coles, der sich hervorragende Verdienste um die Konstruktion dieser gepanzerten Drehtürme erwarb. Der Umbau der sämtlichen Kriegsschiffe in Panzerschiffe eröffnete der Eisenindustrie ein neues, grofsartiges Arbeitsfeld, dessen technische Bedeutung wir später noch kennen lernen werden.

In dem deutsch-dänischen Kriege, der 1864 ausbrach, kamen die Kruppschen Gufsstahlgeschütze zum erstenmal in Aktion und bewährten sich glänzend, namentlich bei Düppel. Dies veranlafste Preufsen, auf dem eingeschlagenen Wege fortzufahren. Dagegen schienen die Erfolge nicht augenfällig genug, oder wurden nicht genügend gewürdigt, um auch die anderen Staaten, namentlich Österreich und Frankreich zu bewegen, von ihrem Bronzegeschütz, für welches eine ausgesprochene Vorliebe bestand, abzugehen. In dem Kriege zwischen Preufsen und Österreich im Jahre 1866 hatte die preufsische Artillerie wenig Gelegenheit, ihre Überlegenheit zu beweisen. Der heldenmütige Kampf der österreichischen Artillerie bei Königgrätz mit gezogenen Bronzegeschützen und der Umstand, dafs mehrere der neuen 8 cm Gufsstahlröhren mit Keilverschlufs ohne vorherige Anzeichen und ohne nachweisbare Fehler des Materials zersprangen, schien zu Gunsten der Anhänger der Bronzegeschütze zu sprechen.

Dagegen bewährte sich das preufsische Zündnadelgewehr gegenüber den österreichischen Vorderladern so glänzend, dafs man der Überlegenheit der preufsischen Infanteriewaffe einen grofsen Teil der glänzenden

Digitized by Google

Erfolge in diesem Feldzuge zuschrieb. Die Wirkung davon war, dafs alle Staaten sich beeilten, ihre Infanteriegewehre in Hinterlader umzuwandeln, und dafs ein neuer Wettkampf in Bezug auf die besten Hinterladegewehre entstand. Die Umwandlung der Bewaffnung der ganzen Infanterie setzte die Waffenfabriken in fieberhafte Thätigkeit und förderte nicht wenig die Eisenindustrie.

Preufsens grofse Erfolge schienen die Hegemonie Frankreichs, welche sich dieses unter dem napoleonischen Kaisertume angemafst hatte, zu gefährden und es war nur eine Frage der Zeit, wann dieser Wettstreit zum Austrag kommen würde. Beide Teile rüsteten sich zu diesem Kampfe. Die Waffenfabriken und Geschützgiefsereien kamen nicht zur Ruhe.

Im Juli 1870 brach denn auch der grofse deutsch-französische Krieg aus, und jetzt erwies sich die Überlegenheit der Kruppschen Gufsstahlkanonen in glänzender Weise. Die französischen Bronzekanonen waren denselben in keiner Weise gewachsen und die Thätigkeit der weittragenden Kruppschen Geschütze war um so wichtiger, weil sich bald zeigte, dafs das französische Chassepotgewehr dem preufsischen Zündnadelgewehr bedeutend überlegen war, namentlich weil es eine viel längere Flugbahn hatte. Die deutsche Artillerie mit ihren Kruppschen Gufsstahlkanonen kam besonders bei der entscheidenden Schlacht von Sedan zur Geltung, die hauptsächlich durch diese so glänzend gewonnen wurde, und es ist eine eigene Ironie des Schicksals, dafs Napoleon gerade durch die Waffe geschlagen, gefangen und vom Throne gestürzt wurde, die seine Specialwaffe war und deren Geschichte er so eifrig studiert und so vortrefflich geschrieben hatte[1]).

Übte der Krieg in diesem Jahrzehnt einen grofsen Einflufs auf die Eisenindustrie aus und war diese eifrig mit der Herstellung immer vollkommenerer und furchtbarerer Vernichtungswerkzeuge beschäftigt, so bildete diese Thätigkeit doch nur den kleineren Teil ihres Schaffens, das in viel höherem Mafse von den Werken des Friedens in Anspruch genommen wurde. Eisenbahnen, Dampfschiffe, Telegraphen und namentlich auch Maschinen, die mit der wachsenden Industrie fortwährend an Kraft und Gröfse wuchsen, gaben mit der zunehmenden Eisenverwendung im Bauwesen einen immer umfangreicheren Absatz. Wie mannigfaltig und umfassend diese Verwendung war, das zeigte sich besonders auf den beiden grofsen Weltausstellungen, der zu London 1862 und der zu Paris 1867, welche in diesen Zeitraum fielen.

---

[1]) Napoléon, Études sur le passé et l'avenir de l'artillerie, Paris 1846.

Digitized by Google

Mit Recht nannte ein Schriftsteller jener Zeit (Kohn) die Weltausstellungen die Marksteine für die Entwickelung der Eisenindustrie. Dies kann besonders von der Londoner Ausstellung von 1862 gelten. Auf ihr zeigte sich der Triumph des Stahls; auf ihr bewies der Bessemerprozefs zuerst seine Lebensfähigkeit. Die mannigfaltigen Gegenstände aus Bessemerstahl gefertigt, welche der Erfinder selbst, John Brown von Sheffield, und die schwedischen Stahlfabrikanten ausstellten, bezeugten seine Verwendbarkeit und dafs das neue Verfahren aus dem Versuchsstadium herausgetreten war.

Grofsartig erschien die Entfaltung des Gufsstahls. Der obenerwähnte Schriftsteller bezeichnet deshalb die zweite Weltausstellung und das Jahr 1862 als den Beginn des „stählernen Zeitalters“. Derjenige, der aber dieser Vorführung des Gufsstahls in London ihren Glanz verlieh, dessen Leistungen alle anderen weit übertrafen, war nicht ein Engländer, sondern der Deutsche Alfred Krupp, dessen Ausstellung die englischen Eisenindustriellen geradezu verblüffte. Welche Fortschritte in den elf Jahren seit der ersten Londoner Ausstellung zeigten sich da! Hatte im Jahre 1851 Krupps Gufsstahlblock von 2,25 Tonnen Gewicht die allgemeine Bewunderung erregt, so war diesmal ein Block von 20 Tonnen oder 40000 Pfund Gewicht ausgestellt. Derselbe war aus 600 Tiegeln gegossen und mit dem gröfsten Dampfhammer der Welt, Krupps 1000 Ctr.-Hammer, in der Mitte zerbrochen worden. Der Bruch war fehlerlos und von gleichem, feinem Korn. Nach solcher Leistung erklärten Sachverständige: Krupp sei nichts mehr unmöglich. Wenn aber auch die Stahlindustrie die Palme des Sieges davontrug, so bethätigten doch auch die übrigen Zweige der Eisenindustrie bemerkenswerte Fortschritte. Wir wollen dieselben hier nicht aufzählen, um Wiederholungen zu vermeiden, da wir bei den Einzelschilderungen ihrer doch gedenken müssen. Erwähnt mufs nur werden, dafs aufser dem Fortschritt in der Stahlbereitung ganz besonders die Fortschritte in der Bearbeitung von Stahl und Eisen hervorragend in die Augen fielen. Das Gewicht, die Gröfse und Vollendung der Schmiede- und Walzstücke erregten gerechtes Erstaunen.

Die Fortschritte in der Formgebung seit der ersten Londoner Ausstellung waren überraschend. Auch hier traten wieder vor allen anderen die Leistungen Krupps hervor, besonders durch seine Stahlkanonen. Krupp konnte mit seinem 1000 Ctr.-Hammer die gröfsten Stahlblöcke verschmieden. Ein geschmiedeter Gufsstahlblock 30×17 Zoll im Querschnitt, von 15 Tonnen Gewicht war in vier Stücke zerbrochen und zeigte überall dieselben gleichmäfsigen, fehlerlosen Bruchflächen.

Digitized by Google

Eine gewaltige Schiffsachse mit zwei Kurbeln für einen Dampfer des Norddeutschen Lloyd in einem Stück geschmiedet wog 22000 Pfund (11 Tonnen). Zu seinen tadellosen Eisenbahn-Radreifen, ohne Schweifsung aus Gufsstahl gewalzt, konnte er bemerken, dafs davon über 40000 Stück von ihm geliefert worden seien, von denen viele schon seit Jahren liefen. Von den Kanonenrohren wog eins mit spiegelreiner Seele von 9 engl. Zoll Durchmesser 18000 Pfund und eine gehärtete, polierte Walze von 10 Zoll Durchmesser und 16 Zoll Länge glänzte heller als ein Spiegel.

Neben diesen Leistungen Krupps waren es zunächst die Panzerplatten der Engländer, welche besonderes Interesse erregten. Davon hatten die Mersey-Eisen- und Stahlwerke bei Liverpool geschmiedete von 30 Fufs Länge, 6 Fufs Breite und $5^1/_2$ Zoll Dicke ausgestellt, während die von John Brown in Sheffield ausgestellten gewalzt waren. Die vorgenannten Mersey-Stahlwerke zeichneten sich überhaupt durch riesige Schmiedestücke aus; eine von ihnen ausgestellte Kurbelwelle wog $24^1/_2$ Tonnen.

Butterley & Comp.-Eisenwerke zu Alfreton, welche gleichfalls Panzerplatten ausgestellt hatten, leisteten Bewunderungswürdiges in gewalztem Formeisen. I-(= Doppel-T-Schiene) Schienen von 3 Fufs Steghöhe, 12 Zoll breitem Fufs und $^1/_2$ Zoll Stärke waren in Längen von 30 bis 60 Fufs ausgestellt und eine Eisenbahnschiene von $5^1/_4$ Zoll Höhe war auf 117 Fufs Länge ausgewalzt.

Einen merkwürdigen Kontrast gegen die mächtigen Panzerplatten bildeten die papierdünn ausgewalzten belgischen und englischen Schwarzbleche, wovon das Copper-mine-Werk Muster ausgestellt hatte, von denen der Quadratfufs noch keine Unze wog.

Die grofse internationale Industrieausstellung vom Jahre 1867 in Paris übertraf aber noch bei weitem alle vorhergegangenen an Umfang und Pracht. Sie war bewunderungswürdig durch Mannigfaltigkeit und Schönheit des Ausgestellten, wie durch Einheitlichkeit und Geschmack der Anordnung. In ihr feierte der französische Geschmack einen Triumph und sie diente dazu, die Herrschaft Napoleons noch einmal in vollem Glanze erstrahlen zu lassen. Diese Nebenzwecke beeinträchtigten aber den eigentlichen Grundgedanken, die sachliche Darstellung des ernsten Wettkampfes der Industrieen der Kulturstaaten. Es war zu viel Ausstattung und Schaugepränge, zu viel Unterhaltung und Bewirtung, wodurch diese Ausstellung zum erstenmal mehr das Bild eines grofsen Völkerjahrmarktes darbot, ein Fehler, der von da

Digitized by Google

ab mit noch gröfserem Aufwand und geringerem Geschmack allen folgenden Weltausstellungen anhaftete.

Die Eisenindustrie war grofsartig und mit grofsem Effekt vorgeführt, besonders die französische, die ihr Bestes zur Schau stellte und sich nur etwas zu sehr im Vordergrunde breit machte. Trotzdem bildete wieder die Kruppsche Ausstellung den eigentlichen Mittelpunkt der Eisenabteilung und erregte die gröfste Bewunderung. Sie hatte aber auch diesmal, im Gegensatz zu der Londoner Ausstellung, einen sehr günstigen, bevorzugten Platz und sie verdiente ihn in der That, denn sie übertraf wieder alle Erwartungen. Der vorgeführte Gufsstahlblock wog diesmal 80 000 Pfund (40 Tonnen), also doppelt so viel als der in London ausgestellte und zeigte denselben schönen, tadellosen Bruch. Das gröfste Staunen rief aber die gufsstählerne Riesenkanone hervor, die 14 Zoll (35,5 cm) Seele hatte und ca. 100 000 Pfund (50 Tonnen) wog. Sie war als Ringkanone konstruiert, und es wogen das innere Gufsstahlrohr ca. 40 000 Pfund, die aufgezogenen Ringlagen ca. 60 000 Pfund.

Wie die Kruppsche Ausstellung dasselbe Programm wie 1862, nur in noch gröfserer, reicherer Ausführung bot, so kann man dasselbe von der ganzen übrigen Eisenausstellung von 1867 sagen. Es waren noch gröfsere Schmiedestücke, noch schwerere Panzerplatten, noch höhere I-Eisen, noch längere Walzstücke, noch dünnere Schwarzbleche ausgestellt. An neuen Ideen und neuen Erfindungen war die Ausstellung aber nicht reicher. Nur eine Neuheit von gröfserer Bedeutung kam zur Darstellung, der Siemens-Martinprozefs. Die Bessemerstahlfabrikation dagegen zeigte, dafs sie bereits ein wichtiger Teil der Eisenindustrie geworden war.

Litteratur 1861 bis 1870.

Die Litteratur über das Eisen, seine Bereitung und Verwendung ist in diesem Decennium eine sehr reichhaltige. Abgesehen von den zahllosen Aufsätzen in den technischen und naturwissenschaftlichen Zeitschriften, ist die Menge der in Buchform erschienenen Schriften auf diesem Gebiet eine so grofse, dafs wir nur einen Überblick der wichtigeren geben können.

Von Hauptwerken, welche die ganze Eisenindustrie behandeln, erschienen zuerst im Jahre 1861 von dem berühmten englischen Ingenieur William Fairbairn: Iron, its History, Properties and Processes of Manufacture. Edinburgh 1861. In diesem Buche ist zum erstenmal der Bessemerprozefs in seiner Bedeutung gewürdigt und geschildert. Sehr gut ist auch der Abschnitt

Digitized by Google

über die Festigkeit des Eisens. Dagegen vertritt der Verfasser nur den einseitigen Standpunkt des praktischen Ingenieurs, ein Lehrbuch der Eisenhüttenkunde im eigentlichen Sinne ist es deshalb nicht.

Ebenso wenig kann das Werk von W. Truran, The iron manufacture of Great Britain, theoretically and practically considered etc., welches 1862, nach dem Tode des Verfassers, in einer zweiten verbesserten und vermehrten Auflage von Arthur Philipps und William H. Dormann herausgegeben wurde, darauf Anspruch machen. Es zeigt sich als das Werk eines einseitigen englischen Hochofeningenieurs, welches da sehr vortrefflich ist, wo die dem Verfasser genau bekannten Hochofenprozesse von Südwales beschrieben werden, welches aber recht schwach ist, wo der Verfasser sich auf das theoretische Gebiet begiebt. Dieses Werk erschien 1864 in deutscher Übersetzung und „Bearbeitung“ von C. Hartmann unter dem Titel: Das britische Eisenhüttengewerbe in theoretischer und praktischer Beziehung oder Darstellung der Roh- und Stabeisenfabrikation in England, Wales und Schottland von W. Truran etc. etc.

Ein wissenschaftliches Handbuch der Eisenhüttenkunde im vollen Sinne ist dagegen John Percys Iron and Steel, welches als zweiter Band seiner Metallurgie im Jahre 1864 erschien. Der Verfasser war in der grofsen Metallindustriestadt Birmingham geboren, wo sein Vater Rechtsanwalt war. John Percy wählte den ärztlichen Beruf, studierte aber mit Vorliebe und besonderem Fleifs Chemie, hauptsächlich bei Gay-Lussac in Paris. Da ihn die praktische Thätigkeit als Arzt nicht befriedigte, so folgte er seiner Neigung und widmete sich ganz dem Studium der Metallurgie. Nachdem er sich durch chemisch-metallurgische Arbeiten bekannt gemacht hatte, wurde er nach Playfairs Abgang als dessen Nachfolger zum Lehrer der Metallurgie an die Royal School of Mines (Bergakademie) in London berufen. In dieser Stellung wirkte er den gröfsten Teil seines Lebens. Ein hervorragend praktischer Sinn in Verbindung mit seinem umfassenden chemischen Wissen befähigte ihn in hohem Mafse, das Wesen der metallurgischen Prozesse zu erfassen und zu ergründen. Dabei hatte er ein durchaus selbständiges Urteil wie er denn überhaupt durchaus originell in seinem ganzen Wesen war. Diesen Eigenschaften verdanken wir sein Werk über Metallurgie, dessen vier starke Bände eine grofse Bereicherung der metallurgischen Litteratur geworden sind. Die Chemie bildet, wie bei den übrigen Metallen, so auch bei dem Eisen und Stahl die sichere Grundlage seiner Betrachtungen. Dafs die praktischen Schilderungen sich auf englische Verhältnisse beziehen, ist natürlich und diese Einseitigkeit war ein um so geringerer Nachteil, als die englischen Verhältnisse, soweit es die Eisenverhüttung mit Steinkohlen anlangte, damals doch mafsgebend waren. Schlimmer war schon, dafs das Werk in einer Übergangszeit entstand, in der die Fortschritte in der Eisenindustrie so rasch aufeinander folgten, dafs die praktischen Beispiele grofsenteils nach wenig Jahren veraltet erschienen. Der chemisch-metallurgische Teil von Percys Stahl und Eisen, der auf viele originelle Untersuchungen und Analysen aufgebaut ist, wird indessen bleibenden Wert behalten.

Es ist eigentümlich, dafs diese drei in ziemlich kurzer Zeit aufeinander folgenden Werke in England erschienen sind, dessen Mangel an metallurgischer Litteratur bis dahin um so auffallender war, als es doch die Wiege der wichtigsten Erfindungen für die Eisen- und Stahlindustrie gewesen ist.

In dem gleichen Jahre mit Percys Iron and Steel erschien in Deutschland die Eisenhüttenkunde von Bruno Kerl. Sie bildete den dritten Band des in zweiter Auflage umgearbeiteten und vervollständigten Handbuchs der metallurgischen Hüttenkunde und bietet eine umfassende, gründliche Zusammenstellung und Bearbeitung der über dieses Gebiet erschienenen Litteratur in wohlgeordneter, übersichtlicher Form.

Digitized by Google

In demselben Jahre, 1864, erschien noch die erste Abteilung der deutschen Übersetzung von Percys Iron and Steel von Dr. Hermann Wedding unter dem Titel: „Ausführliches Handbuch der Eisenhüttenkunde, Gewinnung des Roheisens und Darstellung des Schmiedeeisens und Stahls in praktischer und theoretischer Beziehung unter besonderer Berücksichtigung der englischen Verhältnisse von John Percy“. Wedding hatte Percy bei seinem Werke schon unterstützt, indem er ihm für das Kapitel über „Maſse, Beschickung und Ausbringen der preuſsischen Hochöfen“ den Bericht geliefert hatte. Seine Übersetzung und Bearbeitung des englischen Werkes erweiterte sich unter seinen Händen allmählich zu einer neuen, selbständigen Schöpfung, dem umfangreichsten und bedeutendsten Handbuch der Eisenhüttenkunde seit demjenigen von Karsten. In der ersten wissenschaftlichen Abteilung hielt sich Wedding ziemlich enge an den Text Percys, den darauffolgenden praktischen Teil bearbeitete und erweiterte er dagegen in umfassender Weise. Aus dem einen Bande Percys wurden deren drei. Der erste, der die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Eisens, die Eisenerze und die Rennarbeit behandelte, erschien 1864, der zweite, der den Hochofenprozeſs umfaſste, 1868 und der dritte, der die Darstellung des schmiedbaren Eisens enthielt, 1874. Hierin waren alle neuen Erfindungen, die in den zehn Jahren bekannt geworden waren, berücksichtigt, so daſs es schon dadurch eine wesentliche Erweiterung des Percyschen Werkes war. Es zeichnet sich durch Gediegenheit und Reichhaltigkeit aus. Eine hier und da bemerkbare Ungleichheit in der Behandlung der einzelnen Teile erklärt sich aus der Art seiner Entstehung und wird in der neuen Auflage, welche jetzt im Erscheinen begriffen ist, beseitigt werden.

Ein gutes Tafelwerk gab S. Jordan heraus als Album du Cours de Métallurgie. Paris 1865.

1868 erschien noch ein kleines allgemeines Werk: H. Bauermann, A Treatise on the Metallurgy of Iron etc., und 1869

Ferdinand Kohn, C. E. Iron- and Steel-Manufacture, a series of papers on the manufacture and properties of Iron and Steel, with reports on Iron and Steel in the Paris exhibition of 1867; reviews on the State and Progress of the Manufacture during the years 1867 and 1868; and description of many of the principal Iron and Steel Works in Great Britain and on the continent. London 1869. Dieses Buch entstand aus einer Reihe von Aufsätzen in der Zeitschrift Engineering, die Behandlung ist deshalb eine sehr ungleichmäſsige. Es enthielt aber wertvolle Mitteilungen über die damals neuen Prozesse.

In demselben Jahre erschien auch: H. S. Osborn, The metallurgy of iron and steel (Philadelphia and London).

Die Eisenstatistik behandelten A. S. Hewitt, The production of iron and steel in its economic and social relations. Philadelphia 1868, und Dr. Ad. Frantz, Übersicht der Eisenindustrie und des Eisenwerks in den Jahren 1860 bis 1869 (1870).

Neben diesen Handbüchern und statistischen Werken, welche das ganze Gebiet der Eisenindustrie umfaſsten, erschienen zahlreiche Monographieen über einzelne Teile derselben.

Über den Hochofenprozeſs:

1863. C. Aubel. Das Raschettesche System der Patent-Normal- und Universal-Schachtöfen.

1864. J. H. Stahlschmidt, Darstellungen des Eisenhochofenprozesses in Zahl und Bild, verwendet zur Begründung besserer Ofenprofile.

1866. A. de Vathaire, Études sur les hauts-fourneaux et la métallurgie de la fonte. Paris 1866.

1867. R. Troska, Die Hochofendimensionen auf Grundlage des Hochofenprozesses.

1868. C. Schinz, Dokumente, betreffend den Hochofen zur Darstellung von Roheisen; ein Buch, in dem der Hochofenprozefs vom Gesichtspunkte der Wärmeerzeugung und Wärmeverwendung aus kritisch beleuchtet wird. Diesem folgte

1870. J. Lowthian Bell, Über die Entwickelung und Verwendung der Wärme in Eisenhochöfen von verschiedenen Dimensionen, übersetzt von Tunner.

Über Giefserei:

A. Guettier, De l'emploi pratique et raisonné de la fonte de fer dans les constructions etc. 1861.

C. Hartmann, Handbuch der Eisengiefserei. Neue Auflage 1862.

E. F. Dürre, Über die Konstitution des Roheisens und den Wert seiner physikalischen Eigenschaften.

E. F. Dürre, Handbuch des gesamten Eisengiefsereibetriebes. Dieses gründliche und umfassende Werk war entstanden aus einer fortlaufenden Reihe von Aufsätzen, welche der Verfasser in der Berg- und Hüttenmännischen Zeitung unter dem Titel „Aphorismen über Giefsereibetrieb" veröffentlicht hatte. Der erste Band des Werkes erschien 1870, der zweite erst 1875.

Über Schmiedeeisenbereitung, Puddel- und Walzwerksbetrieb:

Lucien Ansiaux et Lambert Masion, Traité pratique de la Fabrication du Fer et de l'Acier puddlé (1861).

Dasselbe erschien in demselben Jahre 1861 in deutscher Übersetzung von Hartmann unter dem Titel: A. und M. Praktisches Handbuch über die Fabrikation des Puddeleisens und Puddelstahls.

C. Hartmann, Praktisches Handbuch der Blechfabrikation. Weimar 1861.

E. Mäurer, Die Mafs- und Gewichtsverhältnisse der Roh- und Zwischenprodukte bei der Darstellung des Schmiedeeisens etc. Stuttgart 1861.

E. Mäurer, Die Formen der Walzkunst und das Façoneisen. 1865.

P. Tunner, Über die Walzenkalibrierung für die Eisenfabrikation. 1867.

C. W. Siemens, On puddling iron. London 1868.

R. Daelen, Die Kalibrierung der Eisenwalzen. Berlin 1870.

Über Stahlbereitung:

Fusion de l'acier au four de réverbère etc. de Beaulieu, Deville et Caron, 1862.

1863. Dr. Wedding, Die Resultate des Bessemerprozesses.

1864. L. E. Boman, Das Bessemern in Schweden mit einem Vorwort von P. Tunner.

1865. Otto Frh. v. Hingenau, Das Bessemern in Österreich.

Eine vortreffliche Abhandlung über die ganze Stahlfabrikation veröffentlichte L. Gruner in den Annales des Mines und in Buchform unter dem Titel: De l'acier et de sa fabrication. Paris 1867.

Von geschichtlicher Bedeutung ist:

C. W. Siemens, On the regenerative gas-furnace as applied to the manufacture of cast steel. London 1868.

Eine wichtige Schrift von dem Erfinder des Martinprozesses erschien 1869 unter dem Titel: L'industrie du fer. Nouveaux procédés de fabrication de l'acier par E. Martin. Paris 1869.

In Nordamerika erschien 1869 eine Übersetzung und Bearbeitung von Landrin, A Treatise on Steel transl. by Frequet. Philadelphia 1869.

Digitized by Google

Über einzelne Länder, Fabriken etc. erschienen verschiedene Monographieen. Eine in ihrer Art klassische ist: État présent de la Métallurgie du Fer en Angleterre par M. Gruner, Professeur de la métallurgie à l'École impériale des mines et M. Lan, Professeur de métallurgie à l'École des mineurs de St. Étienne. Sie ist begründet auf den Beobachtungen, welche beide Gelehrte bei ihrer Informationsreise im Auftrage der französischen Regierung im Jahre 1860 gemacht hatten.

Ferner Schönfelder: Die baulichen Anlagen auf den Berg-, Hütten- und Salinenwerken in Preufsen. Drei Textbände und vier Atlanten. Berlin 1861 bis 1863.

S. Jordan, Note sur la fabrication des fontes d'Hématite dans le North Lancashire et le Cumberland. 1862.

1864. S. Jordan, État actuel de la métallurgie du fer dans le Pays de Siegen.

1868. Pascal, Fabrication de l'acier fondu chez M. Krupp à Essen

P. Tunner, Die Zukunft des österreichischen Eisenwesens.

1869. A. Serlo, Beitrag zur Geschichte des schlesischen Bergbaues in den letzten 100 Jahren.

Mulvany, Deutschlands Fortschritte der Kohlen- und Eisenindustrie und ihre Abhängigkeit von den Eisenbahnen.

F. Münichsdorfer, Geschichte des Hüttenberger Erzberges. Klagenfurt 1870.

P. Tunner, Über die Eisenindustrie Rufslands. 1870.

Von Ausstellungsberichten heben wir hervor:

P. Tunner, Bericht über die metallurgischen Produkte in der Londoner Ausstellung von 1862. Wien 1863.

Knut Styffe, Ausstellungsbericht 1867: Über die neuesten Fortschritte des Eisenhüttenwesens. Frei übersetzt von P. Tunner. 1868.

P. v. Rittinger, Kurze Mitteilungen über Berg- und Hüttenwesensmaschinen und Baugegenstände auf der allgemeinen Industrieausstellung zu Paris 1867.

S. Jordan, Revue de l'industrie du fer de 1867. — Revue de l'exposition de 1867. Paris 1868.

Von einschlägigen Schriften erwähnen wir weiter:

D. Kirkaldy, Results of an experimental inquiry into the comparative Tensile Strength and other properties of various kinds of wrought Iron and Steel. London 1862.

L. E. Rivot, Docimasie. Traité d'analyse des substances minérales. Tome I—V. Paris 1861 bis 1866.

Carl C. M. Balling, Die Probierkunde des Eisens und der Brennmaterialien. 1868.

Vicaire, Sur l'emploi des combustibles inférieurs dans la métallurgie du fer. 1868.

F. Steinmann, Compendium der Gasfeuerung in ihrer Anwendung auf die Hüttenindustrie. 1868 und 1869.

J. v. Hauer, Die Hüttenwesensmaschinen. Wien 1867.

Knut Styffe, Die Festigkeitseigenschaften von Eisen und Stahl, deutsch von C. M. v. Weber. 1870.

A. Wöhler, Über die Festigkeitsversuche mit Eisen und Stahl. 1870.

Die reichste Litteratur findet sich aber in den zahlreichen Fachzeitschriften und zwar aufser in den früher genannten in dem seit 1859 in Köln erschienenen „Berggeist", in der Zeitschrift des österreichischen Ingenieurvereins, in Wieks

Gewerbezeitung, in der Zeitschrift für Bergrecht von H. Brassert und Dr. Achenbach seit 1860, in der Zeitschrift des Oberschlesischen berg- und hüttenmännischen Vereins, in Engineering, Practical Mechanic's Journal, American Journal of Mining, Annales des Mines, Annales du Génie civil. — Revue universelle des mines, de la métallurgie etc. par C. de Cuyper (seit 1857).

Gute Jahresberichte finden sich in C. Hartmann, Die Fortschritte des Eisenhüttengewerbes in der neueren Zeit 1858 bis 1863 und hieran anschliefsend A. Kerpely, Bericht über die Fortschritte der Eisenhüttentechnik in den Jahren 1864 bis 1870. Ferner in Rudolf Wagner, Jahresbericht über die Fortschritte der chemischen Technologie.

Übersichten über die einschlägige Litteratur findet man in: Bibliotheca rerum metallicarum. Verzeichnis der in Deutschland über Bergbau-, Hütten- und Salinenkunde und verwandte Zweige erschienenen Bücher, Karten und Ansichten. Nachtrag, den Zeitraum von 1856 bis Januar 1864 umfassend. Eisleben 1865.

Einen ausführlichen Litteraturnachweis über die Stahlfabrikation enthält die Berg- und Hüttenmännische Zeitung von 1869 und von 1871; desgleichen über Roheisenerzeugung.

Zu den wichtigsten Quellen der Belehrung und der Geschichte gehören ferner die Patentbeschreibungen, deren Studium aber erschwert wird durch ihre immer zunehmende Menge, die in England und Amerika zu einer wahren Hochflut wurde. Folgende Zahlen, welche die Commissioners of Patent-Journal in England veröffentlicht haben, geben hiervon eine Vorstellung.

Bei weitem am meisten Patente wurden in den Vereinigten Staaten von Nordamerika genommen.

	wurden nachgesucht	erteilt
1852 bis 1862	46 687	27 723
somit jährlich	4 669	2 773
1862 bis 1869	108 923	69 150
somit jährlich	13 615	8 643

Ferner wurden Patente erteilt in:

		im ganzen	im Jahr
England	1862 bis 1869	37 711	1349
Österreich	1853 „ 1869	10 418	612,8
Belgien	1830 „ 1869	33 433	831,6
Italien	1855 „ 1868	3 284	234,5
Schweden und Norwegen .	1842 „ 1868	2 097	75,2
Preufsen	1843 „ 1869	1 909	68,09
Bayern	1843 „ 1869	2 297	82

Von neuen Fachvereinen im Gebiete der Eisenindustrie ist besonders das 1869 in England gegründete Iron and Steel Institute hervorzuheben.

In Deutschland wurde 1869 der Verein deutscher Eisengiefsereien gegründet.

Digitized by Google

Chemie 1861 bis 1870.

Über das chemische und physikalische Verhalten der verschiedenen Eisenarten wurden die eingehendsten Untersuchungen in dieser Periode angestellt. Die Chemie des Eisens befand sich bei dem Beginn des Jahrzehnts mitten in dem Kampf der Meinungen über die Bedeutung des Stickstoffes im Eisen. Drei Ansichten standen sich gegenüber. Fremy behauptete, der Stickstoff sei ein wesentlicher Bestandteil des Stahls und bestimme dessen Eigenart. Caron bestritt diese Ansicht, behauptete dagegen, die Kohlung des Eisens bei der Cementation erfolge nur durch Stickstoff-Kohlenstoffverbindungen, der Stickstoff gehe zwar nicht als wesentlicher Bestandteil in das Eisen über, übertrage aber den Kohlenstoff auf dasselbe, sei deshalb für die Cementation unentbehrlich. Die Ansicht der übrigen metallurgischen Chemiker widersprach den Behauptungen beider und erkannte nur an, dafs die Stickstoff-Kohlenstoffverbindungen die Cementation beförderten, was längst bekannt war und bei der Einsatzhärtung von alters her benutzt wurde. Der Streit gab Veranlassung zu sehr genauen Untersuchungen, welche aufklärend wirkten.

Fremy hielt Schmiedeeisen für reines Eisen, Roheisen für Eisen mit Kohlenstoff und Stahl für Eisen mit Stickstoff und Kohlenstoff (fer azoto-carburé).

Zunächst wurde nachgewiesen, dafs alles fein verteilte Eisen, und besonders das frischreducierte, Ammoniak aus der Luft aufnimmt. Fremy hatte dies nicht beachtet und war dadurch zu unrichtigen Resultaten geführt worden, seine Stickstoffbestimmungen waren dadurch viel zu hoch ausgefallen und seine Annahme, dafs der kohlige Rückstand des aufgelösten Eisens eine Kohlenstickstoffverbindung sei, wurde dadurch hinfällig. Dagegen wurde nachgewiesen, dafs nicht nur im Stahl, sondern auch im Roheisen und im Schmiedeeisen geringe Mengen Stickstoff enthalten seien. Boussingault stellte sehr genaue Untersuchungen hierüber an. Er fand, dafs beim Ausfällen des Eisens aus sauren Lösungen durch Alkalien immer Ammoniak mit in Lösung komme. Am wenigsten that dies frisch gebrannter Kalk. Boussingault verbrannte das Eisen in Zinnoberdampf und bestimmte den Stickstoff in gasförmigem Zustande[1]) (1861). Caron widerlegte 1861 Fremys Behauptung, dafs Wasserstoff dem glühenden Stahl durch Entziehung des Stickstoffs die

[1]) Siehe Comptes rendus, t. 53.

Digitized by Google

Stahlnatur nähme, und wies nach, daſs Fremy mit unreinem Wasserstoff, der Wasserdampf enthielt, operiert hatte und daſs durch letzteren eine teilweise Entkohlung eingetreten war. Die chemische Analyse bewies, daſs ein geringer Stickstoffgehalt dem Stahl nicht eigentümlich sei, sondern daſs sich ein solcher auch in Roheisen und Schmiedeeisen finde. Gruner, der Carons Ansicht gegenüber anführte, daſs weiches Eisen durch reines, ammoniakfreies Leuchtgas in Stahl cementiert werde, behauptete, daſs der Stickstoffgehalt im Stahl nur aus dem Roheisen stammen könne. Dies griff Fremy auf. Gruner widerlegte aber dessen Behauptung, daſs die für die Stahlerzeugung besonders geeigneten Roheisensorten mehr Stickstoff enthielten als der daraus bereitete Stahl. Caron nahm dann an, daſs der Stickstoff im Eisen nicht direkt mit diesem, sondern mit Silicium oder Titan verbunden sei.

Der Streit zwischen Fremy und Caron spann sich auch 1862 in zahlreichen Aufsätzen in den Comptes rendus (Bd. 52 und 53) und dem Répertoire de chimie appliquée fort. Eine ausführliche Zusammenstellung des Inhalts dieser Veröffentlichungen von Professor Werther in Königsberg findet man im Journal für praktische Chemie von 1862. Zum Austrag kam der Streit erst, als genaue und zuverlässige Analysen mit genauen Angaben des Stickstoffgehaltes veröffentlicht wurden. Solche lieferte namentlich Bouis[1]), Boussingault[2]) und Rammelsberg[3]).

Bouis untersuchte auf Veranlassung des Generals Morin Stahl, Roheisen und Schmiedeeisen auf Stickstoff, indem er trockenes Wasserstoffgas über das rotglühende Metallpulver leitete. Er fand in allen Eisensorten geringe Mengen von Stickstoff. Boussingault bediente sich sowohl der oben erwähnten Methode der Verbrennung mit Zinnober als des nassen Weges und fand auf beiden Wegen geringe Mengen Stickstoff: in einem Stahl von Krupp 0,022, in Guſsstahl 0,012 und 0,057, in Eisendraht 0,0075 Prozent. Bouis hatte in Stahl von Krupp 0,085 und 0,011, in Draht 0,14, in weiſsem Roheisen 0,14 Prozent gefunden. Rammelsberg fand in einem Spiegeleisen nur 0,002 Prozent.

Aus allen diesen Analysen geht hervor, daſs der geringe Stickstoffgehalt in den verschiedenen Eisenarten keine Gesetzmäſsigkeit zeigt und durchaus schwankt und daſs er zu gering ist, um einen

[1]) Compt. rend. 1861, t. 52, p. 1195.
[2]) Compt. rend. 1861, t. 53, p. 77.
[3]) Monatsbericht der Kgl. Preuſs. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. Dezbr. 1862.

Digitized by Google

erkennbaren Einfluſs auf die Eigenschaften des Eisens auszuüben. Daſs die Gegenwart von Stickstoff zur Kohlung des Eisens nicht notwendig ist, hat Marguerite 1864 dadurch bewiesen, daſs es ihm gelang, reines Schmiedeeisen durch Glühen mit reinem Kohlenoxydgas, welches er aus Oxalsäure mittelst Schwefelsäure bereitet hatte, in Stahl zu verwandeln. Ebenso gelang es Marguerite, Eisendraht in Diamantpulver zu cementieren.

Graham Stuart und W. Baker machten 1865 sehr sorgfältige Untersuchungen über den Stickstoffgehalt des Stahls, konnten aber in den meisten Fällen keinen nachweisen.

Auch über die Rolle, welche der Kohlenstoff in den Eisenarten spielt, gingen die Ansichten in den ersten Jahren dieses Zeitabschnittes weit auseinander. Gurlt und seine Anhänger hielten an der Existenz des Achtelcarburetes (Fe^8C) fest und nahmen sogar noch niedrigere bestimmte Carburete an. P. Tunner[1]) verwarf die Existenz des Achtelcarburets als eine theoretische Fiction, hielt aber an der Existenz des Viertelcarburets (Fe^4C) als Spiegeleisen fest. Rammelsberg bestritt, daſs die chemischen Analysen zu dieser Annahme berechtigten. Die zuverlässigsten ergäben einen geringeren Kohlenstoffgehalt, als Fe^4C entspräche. Er glaubte aber überhaupt nicht an das Bestehen fester Carburete im Eisen, wies vielmehr auf den Isomorphismus von Eisen, Kohlenstoff, Silicium und Phosphor hin als die wahrscheinliche Ursache der Zusammensetzung und des Verhaltens. Jullien hielt die Eisensorten für Auflösungen verschiedener Mengen von Kohlenstoff, Silicium, Phosphor, Schwefel u. s. w. in reinem Eisen (1865). Dürre neigte sich Rammelsbergs Auffassung zu und sah in den Roheisensorten Gemenge von Legierungen, deren Haupttypen das rheinische Spiegeleisen, das schwedische Kanoneneisen und das schottische Gieſsereiroheisen seien. Caron gelangte (1863) zu denselben Resultaten wie vordem Karsten. De Cigancourt führte 1865 die früher einmal von Berzelius aufgestellte Ansicht, daſs es zwei verschiedene allotropische Zustände des Eisens gebe, die er als Ferricum und Ferrosum bezeichnete, weiter aus. Das Ferrosum, das Metall der Oxydule, ist nach Cigancourt weiſs und hart und geht leicht in Ferricum über; das Ferricum, das Metall der wasserfreien Oxyde, ist grau und weich. Im grauen Roheisen herrscht das Ferricum vor, im halbierten sind beide in ihrer Eigenart enthalten; Schmiedeeisen ist aus variabelen Gemengen beider Eisensorten, die in Ferricum über-

---

[1]) Siehe Jahrbuch der österr. Bergakademien etc. für 1861.

gegangen sind, gebildet. — Diese sogenannte Theorie ist nichts als eine phrasenhafte Umschreibung.

Von viel gröfserer Tragweite ist die von L. Rinman 1865 eingeführte Unterscheidung der Kohlenstoffarten im Eisen. Nach seiner Ansicht scheidet sich der Kohlenstoff beim Auflösen von Roheisen und Stahl in drei verschiedene Formen ab, als Graphit aus dem grauen Roheisen, als Kohleneisen aus dem ungehärteten Stahl und als Kohlenwasserstoff aus weifsem Roheisen und gehärtetem Stahl. Rinman nennt den aus ungehärtetem Stahl bei langsamer Lösung sich abscheidenden Kohlenstoff Cementkohle, den aus gehärtetem Stahl entweichenden Kohlenstoff Härtungskohle[1]).

Fr. G. Calvert fand bei seinen Untersuchungen über den Kohlenstoff im Eisen, dafs der Stahl beim Härten nicht nur eine mechanische (molekulare), sondern auch eine chemische Veränderung erleidet, dafs der Kohlenstoff im gehärteten Stahl in einer anderen Verbindung sich befindet als im ungehärteten.

Nach Caron (1863) soll Ablöschen und Hämmern die gleichen Veränderungen, nur in verschiedenem Grade bewirken.

Percy[2]) widerspricht der Ansicht, dafs Spiegeleisen Fe^4C sei. Dasselbe sei keine einfache Verbindung von Eisen und Kohlenstoff, Mangan sei vielmehr zu seiner Bildung wie zu seiner Konstitution nötig, er stellt deshalb für Spiegeleisen die Formel $(Fe^1Mn)^4C$ auf.

Buchner hält nach seinen Analysen von Spiegeleisensorten die Formel Fe^5C für mehr der Wahrheit entsprechend als Fe^4C.

Tunner stellt 1867 für Roheisen die allgemeine Formel auf:

$$\left.\begin{array}{l} Fe^4 \\ Mn^4 \\ Cu^4 \\ Al^4 \\ Ca^4 \\ Mg^4 \end{array}\right\} \begin{array}{l} C \\ Si \\ S \\ P \end{array} \begin{array}{l} + mC \\ + nSi \\ + qFe \end{array}$$

wobei m, n, q variabel sind.

Eine interessante Untersuchung über die beim Auflösen des Roheisens in Säuren entstehenden Kohlenwasserstoffe hat Dr. Hahn in Clausthal 1864 veröffentlicht[3]). Schafhäutl hatte bereits früher die

---

[1]) Siehe L. Rinman, Oefvers. af Akad. Förh. 22, N. 6, p. 443; Dingler, Polyt. Journ. 185, S. 134.

[2]) Siehe Iron and Steel, p. 119.

[3]) Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1864, S. 201 und 1865, Nr. 7.

Digitized by Google

Anwesenheit von Kohlenwasserstoffen von der Zusammensetzung C^2H^4 und C^2H^6 in den gasförmigen Produkten, die bei der Auflösung des Eisens in Mineralsäuren entstehen, nachgewiesen. Es entstehen aber auch flüssige Kohlenwasserstoffe und Hahn ermittelte folgende Zusammensetzungen und Siedepunkte derselben: C^2H^4, Siedepunkt 132° C.; C^3H^6, Siedepunkt 144° C.; C^4H^8, Siedepunkt 160° C. Aufser diesen fand er noch schwerere Öle von der Zusammensetzung C^nH^{2n} deren höchster Siedepunkt 300° C. betrug. Hahn schliefst aus dem Auftreten dieser verschiedenen Kohlenwasserstoffe auf das Vorhandensein verschiedener Eisen-Kohlenstoffverbindungen in den Roheisen.

Dafs Minary und Résal 1862[1]) die alte längst widerlegte Irrlehre eines Sauerstoffgehaltes im Roheisen noch einmal vorbrachten und darauf eine neue Theorie des Puddelprozesses gründeten und dafs die Unrichtigkeit ihrer Annahme von Cailletet nachgewiesen wurde, verdient kaum der Erwähnung.

Über die Wirkungen von Silicium auf Eisen stellte Caron 1861 Versuche an, wobei er fand, dafs dasselbe dem Eisen keine so schädlichen Eigenschaften erteile wie Schwefel und Phosphor und unter Umständen sogar das Eisen verbessere.

Rob. Richter hatte 1862 in Vordernberger Roheisen angeblich eine Ausscheidung von krystallisiertem Silicium entdeckt. Dr. Hahn fand 1865 auskrystallisiertes Doppelt-Siliciumeisen von der Zusammensetzung $FeSi^2$ und vermutete, dafs Richters Siliciumkrystalle dieselbe Verbindung gewesen seien. Phipson behauptete, dafs Silicium in zwei allotropischen Zuständen, chemisch gebunden und frei, im Roheisen vorhanden sei. Diese Ansicht wurde von Tosh widerlegt und Phipson widerrief später selbst das Vorhandensein von freiem Silicium im Eisen. Percy hat in seiner Metallurgie die grofse Wichtigkeit des Siliciums für die Konstitution und die Eigenschaften des Roheisens nachdrücklich hervorgehoben.

Dafs ein gewisser Siliciumgehalt, bis zu 2 Prozent, in dem Roheisen für den Bessemerprozefs vorhanden sein mufste, war damals bereits eine anerkannte Thatsache.

Freie Kieselsäure reduziert sich mit Eisenoxyd bei hoher Temperatur. G. Hochstätter erhielt in Percys Laboratorium aus Roteisenstein, Sand und Holzkohle Eisenkönige mit 8,96 und 12,26 Prozent und Smith einen solchen von 13,78 Prozent Silicium[2]). Dr. Hahn in Clausthal gelang es 1864, Siliciumeisen von 30 Prozent Siliciumgehalt

[1]) Comptes rendus, Jan. 1862, t. 54, p. 212.
[2]) Percy, Iron and Steel, p. 92.

Digitized by Google

im kleinen darzustellen. Aber auch das Roheisen des Handels zeigte zum Teil sehr hohen Siliciumgehalt; so enthielt 1864 Roheisen von Dowlais aus Blackband erblasen 7,46 Prozent und ein hellgraues Roheisen aus dem Arsenal von Woolwich 8,2 Prozent.

Schwefel und Phosphor erschienen als die grofsen Feinde des Roheisens namentlich für alle Frischprozesse, die bei hoher Temperatur vor sich gingen, wie der Bessemer- und Martinprozefs. Die Entfernung dieser schädlichen Substanzen galt deshalb als eine der wichtigsten Aufgaben für die Eisenhütten-Chemie. Viele Erfindungen wurden gemacht, deren Zweck nichts anderes war als die Abscheidung dieser Substanzen. Eine praktische Lösung dieser Frage wurde aber in diesem Jahrzehnt noch nicht erreicht. Dagegen kamen wichtige Vorarbeiten dafür zustande, besonders durch Carons Untersuchungen. Caron stellte durch Schmelzversuche die Wirkung von Mangan auf Phosphor-, Schwefel- und Siliciumeisen fest. Er fand, dafs Phosphor durch Mangan aus dem Eisen nicht entfernt wird, wohl aber der Schwefel und zwar ohne Frischen. Silicium wird dagegen dem Eisen durch Mangan gröfstenteils bei dem Frischen entzogen[1]).

In der Praxis hatte man bereits vor Caron die reinigende Kraft des Mangans gegenüber dem Schwefel beobachtet und davon Gebrauch gemacht. So erwähnen Gruner und Lan in ihrem Bericht über den Zustand der Eisenindustrie in England um 1860 bereits, dafs das Mangan eines Eisenerzes bei Gegenwart von Schwefel ein wahres Korrektiv für letzteres sei, und Parry zu Ebbw-Vale fand, dafs manganreiche Hochofenschlacken stets eine beträchtliche Menge Schwefel enthielten.

Auf der Saint-Louis-Hütte bei Marseille begann man 1860 mit der Fabrikation von schwefelfreiem Koksroheisen, welches aus einer Möllerung von Elbaer Eisenglanz und einer dem Schwefelgehalt der Erze und der Kohle entsprechenden Menge von Braunstein erblasen war. Die Hütteningenieure von St. Louis Jordan und Gaulliard nahmen auf die Entschwefelung des Koksroheisens vermittelst Mangans ein Erfindungspatent. Sie liefsen ihr Patent aber fallen, als sie sich überzeugten, dafs ihr Verfahren nicht neu war und namentlich in Deutschland schon seit längerer Zeit angewendet wurde[2]).

Dafs die Abscheidung des Schwefels durch Manganzuschlag im Hochofen aber nicht so ohne weiteres erfolgt, hat 1866 Lowthian

[1]) Siehe Dingler, Polyt. Journ. 168, S. 380.
[2]) Siehe Dingler, Polyt. Journ. 195, S. 252.

Digitized by Google

Bell erfahren, als er diesen Zweck durch Zuschlag von Braunstein in den Hochöfen von Clarence nicht erreichte.

Die grofse Wichtigkeit des Mangans für die Eigenschaften und den Wert des Roheisens wurde in dieser Periode voll anerkannt. Dr. List in Hagen und Rob. Richter in Leoben beschäftigten sich 1861 mit dem Mangangehalt des Eisens. Ersterer gab 3,80 Prozent als Maximum des Mangangehaltes im Roheisen an, Richter fand aber in einem Spiegeleisen von Jauerburg in Krain 7,578 Prozent und in einem von Theresienthal in Böhmen sogar 22,183 Prozent Mangan. Dafs eine sehr basische Beschickung namentlich bei der Spiegeleisenerzeugung mit Koks den Mangangehalt beträchtlich erhöht, hatte man im Siegerland schon seit längerer Zeit erfahren und man erzielte dort durch sehr hohen Kalkzuschlag Spiegeleisen von bis zu 22 Prozent Mangangehalt.

Neben dem Mangan legte man dem Wolfram und dem Titan zu jener Zeit eine hervorragende Wichtigkeit, namentlich als Bestandteile des Stahls, bei. Riley, der erst nach vielen vergeblichen Versuchen in einigen Gufseisensorten Titan auffand und zwar in Mengen von 0,5 bis 1,1 Prozent, schreibt demselben eine ähnliche Rolle wie dem Mangan zu und glaubt, dafs es als Cyanbilder wirke. Mushet nimmt an, dafs es einen wichtigen Bestandteil des Stahls bilde. Infolge der grofsen Reklame, welche letzterer für seinen Titanstahl machte, hat man die Bedeutung des Titans für die Gufsstahlbereitung damals zuweilen überschätzt.

Über die Eigenschaften, welche Zusätze von Wolfram dem Eisen erteilen, hat Caron Untersuchungen veröffentlicht. Wolfram erhöht die Härte und Festigkeit des Stahls. Ebenso erhöht ein Wolframgehalt die Zähigkeit und Härte des Roheisens; dies geschieht nach Tresca schon durch einen Zusatz von 0,125 bis 1 Prozent, nach Le Guen durch einen Zusatz von 2,5 Prozent Wolfram zu grauem Roheisen. General Sobrero zu Turin stellte die Theorie auf, die Stahlnatur des Eisens sei bedingt durch die Lösung eines schwer reduzierbaren Metalloxydes, namentlich von Mangan, Titan und Wolfram im Eisen.

Die härtende Wirkung, welche Chrom auf Stahl ausübt, hat Julius Baur in New York zuerst praktisch ausgenutzt durch seine Darstellung von Chromstahl, worauf er 1865 ein Patent nahm.

Zahlreiche Eisenanalysen wurden in diesem Zeitraum gemacht, wovon wir die von J. Percy, R. Richter, List, H. Hahn, R. Peters,

Max Buchner[1]), R. Fresenius, Finkener, dem K. K. General-Probieramt in Wien[2]), Abel, Tookey, Henry, Riley, Willis, Svanberg, Rivot, Gruner und Lan anführen.

Von diesen Analysen wollen wir die eines Spiegeleisens von Lohe von R. Fresenius (1862) hier mitteilen, weil in derselben mit besonderer Sorgfalt auf alle Bestandteile Rücksicht genommen ist. Sie ergab:

Eisen	82,860
Mangan	10,707
Nickel	0,016
Kobalt	Spur
Kupfer	0,066
Aluminium	0,077
Titan	0,006
Magnesium	0,045
Calcium	0,091
Kalium	0,063
Natrium	Spur
Lithium	Spur
Arsen	0,007
Antimon	0,004
Phosphor	0,059
Schwefel	0,014
Stickstoff	0.014
Silicium	0,997
Kohlenstoff	4,323
Eingemengte Schlacke	0,665
	100,014

Den Kohlenstoffgehalt verschiedener Stahl(Flufseisen-)sorten ermittelte A. Willis in Siemens' Laboratorium zu London. Er fand in

Wootzstahl	1,34	Prozent	Kohlenstoff
Stahl für flache Feilen	1,20	„	„
„ „ Drehmeifsel	1,00	„	„
Huntsmanstahl für Schneidwerkzeuge	1,00	„	„
gewöhnl. Stahl „ „	0,90	„	„

[1]) Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1865, S. 84.

[2]) Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch 1869. Zusammenstellungen von Eisenanalysen finden sich in Kerpelys Fortschritten und in Kerls Handbuch der metallurgischen Hüttenkunde I, 769, 772 und III, 9, 34.

Digitized by Google

Stahl für Meifsel	0,75	Prozent	Kohlenstoff	
„ „ Prägstempel	0,74	„	„	
zweimal raffiniertem Gärbstahl	0,70	„	„	
Stahl zum Schweifsen	0,68	„	„	
Stahl zu Bohrern für Steinbrüche	0,64	„	„	
„ „ Maurerwerkzeugen und Rammen	0,60	„	„	
gewöhnl. Stahl zum Stanzen	0.42	„	„	
Stahl für Spaten und Hämmer	0,30 bis 0,32	„	„	
Bessemerstahl zu Schienen	0,25 bis 0,30	„	„	
Homogenmetall (Panzerplatte)	0,23	„	„	(Percy)
wenig gestähltem Eisen aus dem offenen Herd	0,18	„	„	
Bessemermetall vor dem Spiegeleisenzusatz	0,05	„	„	
Bessemereisen (rein)	Spur.			

L. Cailletet untersuchte 1866 auch die Gase, welche im geschmolzenen Roheisen absorbiert sind. Es enthielten:

	Graues englisches Koksroheisen.	Schwachgraues Holzkohlenroheisen.
Wasserstoff	33,70	38,60
Kohlenoxyd	57,90	49,20
Stickstoff	8,40	12,20
	100,00	100,00

Eine grofse Zahl von Eisenerzanalysen wurden in diesem Jahrzehnt veröffentlicht. Von Interesse sind besonders diejenigen, welche in Verbindung mit dem Hochofenprozefs in der Weise vorgenommen wurden, dafs Beschickung, Schlacken und Roheisen desselben Schmelzprozesses analysiert wurden. Untersuchungen dieser Art veröffentlichte Hahn 1862[1]), v. Fellenberg und Köhler[2]) 1865.

Eine Zusammenstellung von Hochofenschlackenanalysen findet man bei De Vataire, Études sur les hauts fourneaux (p. 41).

Die Fortschritte der analytischen Methoden für die Metallurgie des Eisens bewegten sich nach zwei Richtungen, einerseits suchte man nach genaueren, andererseits nach einfacheren Verfahren. Erstere dienten für die theoretischen, letztere für die praktischen Untersuchungen.

[1]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1862, S. 6.

[2]) l. c. 1865, S. 208.

Digitized by Google

Wir betrachten zunächst die Verfahren zur Bestimmung des Eisens.

Die Margueritesche Probe zeigte verschiedene Fehlerquellen. Löwenthal-Lenssen wiesen 1862 nach, dafs in salzsauren Lösungen durch Chlorentwickelung der regelmäfsige Fortgang der Reaktion gestört wird. Die Probe ist nur dann zuverlässig, wenn das Eisen als Sulfat gelöst und nur wenig freie Schwefelsäure vorhanden ist. Für den Fall, dafs man genötigt ist, mit salzsaurer Lösung zu arbeiten, hat R. Fresenius gewisse Vorsichtsmafsregeln vorgeschlagen [1]).

Eine andere Titriermethode zur Eisenbestimmung hat Friedrich Mohr angegeben [2]). Sie besteht darin, die Eisenlösung, welche das Eisen als Oxyd (Chlorid) enthalten mufs, mit einem Überschufs von Jodkalium zu versetzen. Wird alsdann eine Stärkelösung zugesetzt, so tritt die blaue Farbe der Jodstärke ein. Hierauf wird eine titrierte Lösung von unterschwefligsaurem Natron zugefügt, bis die Entfärbung der Jodstärke das Ende der Reaktion anzeigt, und aus der verbrauchten Menge der Eisengehalt berechnet.

R. Fresenius empfahl, das Eisen in seiner oxydischen Lösung direkt mit einer titrierten Zinnchlorürlösung zu bestimmen [3]).

Winkler [4]) schlug 1865 vor, das Eisen in Chlorwasserstoffsäure unter Zusatz von chlorsaurem Kali zu lösen, die verdünnte saure Lösung mit einigen Tropfen Schwefelcyankaliumlösung rot zu färben und dann mit Kupferchlorürlösung zu titrieren.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffs im Eisen schlug W. Weyl 1861 ein neues Verfahren vor [5]), welches den grofsen Vorteil gewährt, dafs das Eisen nicht zerkleinert werden mufs. Die Lösung des Eisens erfolgt mit Hülfe eines schwachen galvanischen Stromes, wobei man das Eisenstück als positive Elektrode in verdünnte Säure eintauchen läfst. Das Eisen löst sich ohne Gasentwickelung als Chlorür. Der gesamte Kohlenstoff bleibt im Rückstande, den man auf einem Asbestfilter sammelt und dann im Sauerstoffstrom verbrennt. — Rinman fand aber (1865) dieses Verfahren nicht als zuverlässig, indem infolge von Kohlenwasserstoffbildung der Kohlenstoffgehalt immer etwas zu niedrig ausfällt.

E. Mulder führte 1861 die Kohlenstoffbestimmung im Roheisen

---

[1]) Siehe Zeitschrift für analytische Chemie, 1862, S. 361.

[2]) Siehe Zeitschrift für analyt. Chemie, 2, 243. Fr. Mohr, Lehrbuch der analyt. Titriermethode, 1862, S. 235.

[3]) Siehe R. Fresenius, Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse, 5. Aufl., 1865, S. 789.

[4]) Siehe Fresenius, Zeitschrift für anal. Chem., Bd. 4, S. 423.

[5]) Siehe Poggendorff, Annalen 1861, Bd. 114, S. 507.

Digitized by Google

durch Verbrennen desselben in nachfolgender verbesserter Weise aus: er füllte das mit einem Asbestpfropfen verschlossene Rohr zu zwei Drittel mit Sand, hierauf mit dem Gemenge von Eisenfeile und Bimsstein; dann folgte hinter einem Asbestpfropfen Kupferoxyd bis zur Mündung, die wieder durch einen Asbestpfropfen verschlossen wurde. Dann wurde das Rohr erhitzt, Sauerstoff durchgeleitet und die entweichenden Gase erst durch einen Chlorcalciumapparat, dann durch Schwefelsäure mit Bimsstein und hierauf durch zwei Röhren mit Natronkalk geleitet.

R. Richter hat das Verfahren von Berzelius 1865 dahin abgeändert, dafs er zur Lösung des Eisens die Doppelsalze von Kupferchlorid mit Chlorkalium oder Chlornatrium statt des reinen Kupferchlorides verwendet, weil jene leichter neutral zu erhalten sind als letzteres.

Die von Wöhler vorgeschlagene Verbrennung des Eisens in einem Strome von Chlorgas ist im Laboratorium in Clausthal mit Erfolg angewendet worden.

Boussingault brachte das Eisen ohne Gasentwickelung zur Lösung, indem er es mit einem Überschufs von Quecksilberchlorid (15 bis 20 Teile : 1 Teil Eisen) zusammenrieb. Das Eisen löst sich als Chlorür, während unlösliches Quecksilberchlorür mit der Kohle zurückbleibt. Ersteres wird im Platinschiffchen im Wasserstoffgasstrom sublimiert und die Kohle dann im Luftstrom verbrannt.

Alle diese Bestimmungen waren aber für die Praxis, namentlich seitdem der Bessemerprozefs eine rasche Bestimmung des chemisch gebundenen Kohlenstoffs notwendig gemacht hatte, zu zeitraubend. Deshalb schlug Professor Eggerts in Falun eine einfach kolorimetrische Probe vor, die, obgleich wenig wissenschaftlich, sich wegen ihrer leichten Ausführbarkeit rasch in der hüttenmännischen Praxis einbürgerte. Sie gründet sich darauf, dafs die Lösung eines kohlenstoffhaltigen Eisens in Salpetersäure um so dunkler ist, je mehr gebundenen Kohlenstoff dasselbe enthält. Man bereitet sich eine Normallösung durch Auflösen einer abgewogenen Menge (0,1 gr) Stahl von bekanntem Kohlenstoffgehalt und verdünnt dieselbe so, dafs die Mafseinheit der Lösung 0,1 Prozent Kohlenstoff entspricht. Nun wiegt man die gleiche Menge Probematerial ein und verdünnt sie in einer vollkommen gleichen Mefsröhre so weit, dafs sie mit der Normallösung den gleichen Farbenton zeigt. Aus der Menge der Lösung berechnet man den Gehalt an Eisen.

Diese Probe erfährt aber verschiedene Einschränkungen. Die

Farbentöne sind nur deutlich bei einem Kohlenstoffgehalt von 0,15 bis 1,5 Prozent, also nur für Stahl und hartes Schmiedeeisen. Für das Bessemermetall, für das sie hauptsächlich angewendet wurde, ist sie also geeignet. Die Probelösung behält aber nicht ihre Farbe, sondern wird blässer. Eggerts hat deshalb vorgeschlagen, eine Lösung von gebranntem Zucker von demselben Farbenton der Normallösung zu bereiten, doch verändert auch diese mit der Zeit ihre Farbe. Britton hat eine aus Alkohol, Wasser und gebranntem Kaffee bereitete Flüssigkeit zu dem Zwecke empfohlen. Am meisten hat es sich aber bewährt, die Normallösungen immer mit der Probe frisch zu bereiten, wie dies namentlich im Laboratorium der Bergakademie zu Leoben geschah, und zwar ist es ratsam, gleich drei Normallösungen, mit 0,4, 0,8 und 1,25 Prozent Kohlenstoff, herzustellen, weil ungleich harter Stahl verschiedene Farbennuancen hervorbringt. In dieser Weise ausgeführt, erfüllte diese Probe ihren Zweck.

Eggerts, der bekanntlich schon früher eine kolorimetrische Probe zur Bestimmung des Schwefelgehaltes im Eisen angegeben hatte (Bd. IV, S. 792), hat auch möglichst einfache Verfahren zur Bestimmung von Silicium [1]), Phosphor [2]) und Mangan [3]) angegeben, die sich auf bekannte ältere Verfahren gründen. Phosphor bestimmt er z. B. aus der salpetersauren Lösung als Phosphorsäure durch Molybdänsäure, wiegt den bei 120° C. getrockneten Niederschlag und berechnet daraus den Phosphor unter der Annahme, daſs der Niederschlag 1,63 Prozent davon enthält.

Die Bedeutung der analytischen Chemie für den Eisenhüttenbetrieb war in dieser Zeit so sehr zur Anerkennung gelangt, daſs in Deutschland fast jede Hütte ihr Hüttenlaboratorium und ihren Hüttenchemiker hatte. Da genaue Analysen von Eisensorten aber schwierig waren und geschickte Analytiker verlangten, da ferner für den Bessemerprozeſs und andere neue Verfahren eingehende Untersuchungen notwendig wurden, die oft über die Kräfte des einzelnen Werkes hinausgingen, so regte Dr. List 1865 die Gründung einer chemischen Versuchsstation für die Eisenhüttenkunde entweder für ganz Deutschland oder zunächst für Rheinland und Westfalen an [4]). Obgleich dieses Institut damals nicht zustande kam, so ist doch auch dieser Versuch von historischer Bedeutung.

---

[1]) Siehe Jern-Kontorets Annaler 1884 und Dingler, Polyt. Journ. 188, S. 119.
[2]) Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1860, S. 415.
[3]) Siehe Balling, Probierkunde 1879, S. 237.
[4]) Siehe Zeitschrift des Vereins deutsch. Ingenieure X, 315.

Digitized by Google

Physik 1861 bis 1870.

Die Fortschritte der Physik förderten ebenfalls die Eisenindustrie. Auf dem Grenzgebiete von Chemie und Physik entstand (1860) die überraschende, hochwichtige Entdeckung von Bunsen und Kirchhoff, die Spektralanalyse. Sie wurde ein Mittel zur Beobachtung des Verlaufs des Bessemerprozesses, wie wir später noch näher kennen lernen werden.

Von den Wirkungen der Wärme bot die Dissociation der Gase bei hoher Temperatur, welche von Deville, Cailletet und Debray durch Versuche nachgewiesen wurde, ein hohes Interesse dar. Dafs in grofser Hitze der Wasserdampf wieder in seine Elemente Sauerstoff und Wasserstoff zerfällt, war schon früher beobachtet worden. Cailletet wies 1869 nach, dafs unter dieser Bedingung Wasserstoff und Sauerstoff neben Kohlenoxyd und Kohlensäure bestehen können[1]).

In welchem Mafse das Silicium im Roheisen bei den Frischprozessen die Rolle eines Wärmeerzeugers spielt, wurde erst in diesem Zeitraum genauer bekannt.

C. Schinz beschäftigte sich eingehend mit der Ökonomie der Wärme, wobei er namentlich den Wärmeverlust durch Strahlung festzustellen suchte. Gestützt auf Dulongs Gesetz: dafs die Transmission dem Quadrat der Temperatur der transmittierenden Fläche proportional ist, fand er die Ausstrahlung einer Fläche von 1 qm und 540° C. in einer Stunde gleich 36 046 Wärmeeinheiten. Auf die Untersuchungen von Bell und Tunner über den theoretischen Wärmeverbrauch im Hochofen kommen wir später zurück.

Von praktischer Bedeutung war die Konstruktion verschiedener neuer Pyrometer. Bussius erfand ein Thermometer für erhitzten Gebläsewind[2]). Schinz konstruierte 1865 ein thermoelektrisches Pyrometer für Temperaturen bis 1000° C. C. Bock fertigte 1870 ein verbessertes Metallpyrometer, aber auch nur für Messungen bis 600° C. Siemens' Pyrometer war dagegen für hohe Temperaturen bestimmt. Es gründete sich auf die Eigenschaft reiner Metalle, mit zunehmender Wärme dem elektrischen Strom gröfseren Widerstand zu bieten.

Die Optik erlangte durch das Mikroskop Bedeutung für die Eisenhüttenkunde, besonders seitdem es Sorby[3]) 1864 gelungen war, die mikroskopischen Bilder der Bruchflächen von Eisenarten durch die Photographie zu fixieren. Nach seinen Angaben stellte sich die

[1]) Siehe Compt. rend. LXII.
[2]) Siehe Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1862, S. 10.
[3]) Siehe Quaterly Journal of Science 1864.

Digitized by Google

Struktur des grauen Roheisens als losgelöste Graphitkrystalle auf einer buntscheckigen Fläche dar. Im Feineisen zeigten sich lange Linien heller Krystalle in Zonen geordnet. Das Walzeisen erschien im Gegensatz zum Luppeneisen frei von Schlacke. Beim Cementstahl liefs sich der chemische Vorgang im Bilde erkennen. Der Gufsstahl war ausgezeichnet durch die gleichförmige Anordnung der Krystalle. Tresca gab (1867) an, dafs sich die durch Walzen und Schmieden bewirkten Änderungen des Eisens im Inneren deutlich sichtbar machen lassen durch Schleifen und Polieren des Querschnitts, Abwaschen mit Äther und Alkohol, Eintauchen in sehr verdünnte Quecksilberchloridlösung und Abwaschen mit Wasser, wobei sich an den nicht homogenen Stellen keine Oxydation zeigt. — Vivian unterschied im Eisen zelliges und eckiges Gefüge.

Saxby schlug 1868 vor, die Homogenität der Eisenstäbe mit Hülfe der Magnetnadel zu prüfen. A. v. Waltenhofen wollte 1863 aus dem elektromagnetischen Induktionskoeffizienten und der Koercitivkraft den Härtegrad des Stahls herleiten. Er schlug elektromagnetische Stahlproben vor, wobei glasharter Wolframstahl mit der Härte 1 (bezw. 100) an der Spitze der Skala stehen sollte. Diese Stahlprobe beruhte auf der Annahme, dafs der Härtegrad im umgekehrten Verhältnis zum Induktionskoeffizienten stehe.

Nach Guettier (1866) zeigt das Roheisen durch den Einflufs des elektromagnetischen Stromes eine Volumvermehrung ohne Zunahme der Porosität, sowie eine Vermehrung der Festigkeit und Annäherungen der Eigenschaften an Stahl. Schon Rumkorff hatte beobachtet, dafs durch magnetische Induktion eine Zunahme der Härte des Schmiedeeisens eintritt. Man hatte auch schon vordem geglaubt und vorgeschlagen, durch den elektrischen Strom eine Reinigung des flüssigen Eisens bewirken zu können.

A. C. Fleury in Philadelphia nahm 1860 ein Patent auf das Weifsen und Reinigen des Eisens durch den elektrischen Strom. Das aus geringem Roheisen elektrisch gefeinte Eisen wurde angeblich zu einem vorzüglichen Schmiedeeisen verpuddelt[1]).

Winkler empfahl 1861[2]) die Reinigung des flüssigen Roheisens im Herde des Hochofens durch einen elektrischen Strom, wodurch Schwefel, Phosphor und Silicium abgeschieden werden sollen. Später schlug er vor, die im Hochofengestell auf dem Eisen schwimmende Schlacke mit dem positiven und das Eisen durch das Stichloch mit dem negativen Pol zu verbinden.

[1]) Siehe Dingler, Pol. Journ. 162, S. 427.
[2]) a. a. O. 161, S. 303.

Digitized by Google

Vor Fleury hatten schon Wall und Black ein Patent zur Reinigung des Stahls durch den galvanischen Strom genommen; das Verfahren war aber sehr kompliziert. 1865 nahm S. C. Kreeft in London ein Patent, wonach er mittels Durchleitens eines elektrischen Stromes durch flüssigen Stahl einen sehr gleichartigen, dichten Stahl bekommen will. Erfolg hatte keiner dieser Vorschläge.

Dafs festes Eisen auf flüssigem schwimmt, war eine schon lang beobachtete Erscheinung. Schott in Ilsenburg suchte sie dadurch zu erklären, dafs flüssiges Eisen im Moment der Erstarrung durch Krystallisation eine Ausdehnung erfahre. Erhard will dagegen das Schwimmen des Eisens nur durch die sofort eintretende Ausdehnung durch Hitze erklären (1868).

H. Deville und L. Troost hatten gefunden, dafs Schmiedeeisen bei hohen Temperaturen für Wasserstoff durchdringlich ist, ferner dafs die Feuergase die Wände eines gufseisernen Ofens bei dunkler und heller Rotglut durchdringen. Odling fand, dafs schon rotglühendes Eisen für Wasserstoff durchgängig ist, und Cailletet wies die Durchdringlichkeit des Eisens für Gase schon bei gewöhnlicher Temperatur nach.

Odling entdeckte ferner, dafs Eisen bis 46 Prozent Wasserstoff und bis 415 Prozent Kohlenoxydgas absorbiert. Letzteres hielt er für wichtig zur Erklärung der Stahlbildung, indem Kohlenoxydgas bei sehr hoher Temperatur in Kohlenstoff und Kohlensäure zerfallen könne.

Für die Praxis waren die Festigkeitsbestimmungen die wichtigsten physikalischen Versuche, die man mit dem Eisen vornahm. Wir können nur die hervorragenden Ergebnisse der zahlreichen Versuche hier zusammenstellen.

Eine Streitfrage bildete damals die Verminderung der Festigkeit des Eisens durch Strukturveränderung infolge lange Zeit fortgesetzter Erschütterungen. Wilh. Armstrong[1]) nahm 1860 an, dafs die Festigkeitsverminderung die Folge einer eintretenden Krystallisation sei, und schlug einen Zusatz von Nickel beim Puddeln als bestes Mittel dagegen vor. Gurlt bezweifelt diese Wirkung, weil sich das Nickel unter diesen Umständen nicht mit dem Eisen legiere.

W. Liebe stellte im Oktober 1860 in der Fabrik von Joh. Casp. Harkort auf Harkorten ausgedehnte Festigkeitsversuche mit deutschen Eisensorten, besonders mit Holzkohlen- und Koksnieteisen an[2]).

---

[1]) Siehe Dingler, Polyt. Journ. 158, S. 416.
[2]) Siehe Beilage zu Nr. 22 des Berggeist von 1861.

Digitized by Google

Nach Versuchen, welche T. E. Vickers[1]) 1861 veröffentlichte, nimmt die Festigkeit von Stahl gegen das Zerreifsen mit dem Kohlenstoffgehalt von 1/3 bis 1 1/4 Prozent ab, die gegen das Zerdrücken zu.

Barlow[2]) machte 1862 die Resultate seiner Festigkeitsversuche von Puddelstahl, Homogeneisen und Stabeisen, welche er im Arsenal zu Woolwich angestellt hatte, bekannt. Weitere Angaben über die Festigkeit englischer Eisensorten veröffentlichte Bell[3]).

Versuche, die 1864 zu Hörde gemacht wurden, ergaben für Hörder Bessemerstahl ein Zerreifsungsgewicht von 87 kg auf den Quadratmillimeter. Für andere Stahlsorten schwankte dieses Gewicht von 75 bis 100 kg. Für Schmiedeeisen betrug es nur etwa die Hälfte, für Roheisen 9 bis 10 kg. — In demselben Jahre wurden die Ergebnisse von Festigkeitsversuchen von Neuberg und Reschitza veröffentlicht[4]).

Zahlreiche und wichtige Zerreifsungsversuche mit Eisen hat David Kirkaldy (1862) in Glasgow angestellt[5]). Er fand dabei, dafs eine krystallinische Textur der Bruchfläche stets nur bei plötzlich erfolgtem Bruche eintritt, dagegen eine faserige (sehnige) bei allmählichem Bruch. Deshalb giebt ein krystallinischer Bruch für sich allein keinen Anhalt für schlechte Qualität des Eisens. Wedding giebt dies zwar im allgemeinen zu, ist aber der Ansicht, dafs eine merklich krystallinische Bruchfläche so nicht entstehen könne, sondern nur bei Eisen, das schon krystallinisch war, zum Vorschein komme.

Kirkaldy machte sich auch dadurch besonders verdient, dafs er die erste öffentliche physikalische Prüfungsstation für Eisen, ein „Festigkeits-Atelier", zu Southwark errichtete und seine Erfahrungen in einem grundlegenden Werke[6]) zusammenfafste.

Wöhler wies 1866 auf den grofsen Einflufs der Form auf die Festigkeit und die nachteilige Wirkung plötzlicher Übergänge derselben hin. Für den Bruch sei nicht das Maximum der Faserspannungen, sondern die Differenz dieser Spannungen mafsgebend. Bei Eisen darf die Summe der konstanten und zufälligen Spannungen nicht über 1300 kg für den Quadratcentimeter betragen[7]). Wöhlers Festigkeitsversuche wurden für Deutschland ebenso mafsgebend wie die von Kirkaldy in England.

---

1) London Journ. of Arts, März 1861; Dingler a. a. O. 164, S. 434.
2) Polytechn. Centralblatt 1862, Nr. 9.
3) Siehe Tunners Jahrbuch 1865, S. 106.
4) Siehe Zeitschrift des Österreich. Ing.-Ver. 1864, S. 78 u. 107.
5) Siehe Zeitschrift d. Ver. deutsch. Ingen. 1865, S. 604.
6) Kirkaldy, Results of an experimental inquiry into the comparative tensile strength and other properties of various kinds of wrought iron and steel. 1862.
7) Siehe Ztschr. für Bauwesen, Bd. XVI.

Digitized by Google

Kirschweger machte 1867 Versuche über den Zusammenhang zwischen Festigkeit und Kohlenstoffgehalt, deren Ergebnisse in nachstehender Tabelle zusammengestellt sind:

	Kohlenstoff.	Abs. Festigkeit.
Gufsstahl	1,5 bis 1,75 Prozent	183 Pfd. pro qmm
Puddel-, Cement- und Gärbstahl . . .	0,66 „ 1,49 „	128 bis 199 „ „ „
Bessemerstahl . . .	0,66 „ 1,49 „	111 „ 150 „ „ „
Feinkorneisen . . .	0,50 „ 0,65 „	86 „ „ „
Schmiedeeisen . .	0,50 „ 0,65 „	70 „ 117 „ „ „
Kesselblech . . .	0,50 „ 0,65 „	66 „ „ „

Knut Styffe berücksichtigte bei seinen Festigkeitsversuchen des Eisens 1867 auch die Temperatur[1]). Es ergab sich, dafs die absolute Festigkeit in der Kälte ebenso grofs ist wie bei 15° C., dafs sie aber bei 100 bis 200° C. gröfser ist und zwar bis zu 20 Prozent. Die Dehnbarkeit ist dagegen bei 130 bis 160° C. geringer als bei gewöhnlicher Temperatur.

W. Fairbairn fand 1867 den Festigkeitsmodul gegen das Zerdrücken des Stahls durchschnittlich $2^1/_2$ mal so grofs als gegen das Zerreifsen[2]). 1868 veröffentlichte er die Ergebnisse zahlreicher Festigkeitsversuche mit Bessemermetall und zwar von sämtlichen englischen Bessemersorten[3]).

Nach den auf der Hütte zu Terre-noire in Frankreich gemachten Erfahrungen rifs der gewöhnliche Bessemerstahl (Nr. 5 nach Tunner) bei einer Belastung von 70 kg pro Quadratmillimeter, der weichste Stahl bei 55 bis 60 kg, während das gewöhnliche Blech aus Holzkohlenroheisen schon bei 35 kg reifst.

1867 erfand Barlow eine sehr hübsche hydraulische Maschine zum Probieren der Festigkeit des Stahls. Sie wurde von Greenwood & Batley in London erbaut und kostete zuerst 1700 £.

1870 konstruierten King & Son in Glasgow einen Festigkeitsapparat mit Laufgewichten für Zug und Druck. Die Bewegung des Laufgewichts war bis zum Moment des Bruches eine selbstthätige, im Augenblick des Bruches stellte es sich fest.

In den in demselben Jahre von dem preufsischen Obermaschinenmeister A. Wöhler veröffentlichten, auf Veranlassung des Handelsministeriums ausgeführten vortrefflichen Festigkeitsversuchen mit Eisen

---

[1]) Knut Styffe, Die Festigkeitseigenschaften von Eisen und Stahl. Deutsch von Weber, 1870.

[2]) Engineering, Septbr. 1867, p. 236.

[3]) The Quaterly Journ. of Science, Jan. 1868, p. 10.

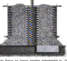
und Stahl sind die dabei angewendeten Apparate in schönen Zeichnungen beigefügt[1]).

Eisenbereitung.

Vorbereitungsarbeiten für den Hochofenbetrieb.

Die Nützlichkeit des Röstens mancher Eisenerzarten wurde in den sechziger Jahren gewürdigt, was zur Konstruktion verschiedener neuer Röstöfen führte. Das 1861 von Ihne in Vordernberg gebrauchte Schachtofen-Röstverfahren mit Anwendung von Wasserdampf[2]) war nur eine Abänderung des Nordenskjöldschen. In Steiermark wendete

Fig. 1.



man der Röstung der Spateisen besondere Aufmerksamkeit zu. Zu Mariazell errichtete Direktor Wagner für schwefelkieshaltige Erze einen verbesserten Zugröstofen mit innerem Luftschacht und sehr vollkommener Luftverteilung (Fig. 1). Dasselbe Prinzip in vereinfachter Form kam bei den Röstöfen zu Gollrad in Anwendung (Fig. 2).

[1]) Über die Festigkeitsversuche mit Eisen und Stahl von A. Wöhler, mit 5 Kupfertafeln. Berlin 1870.

[2]) Siehe Schlesische Wochenschrift 1861, Nr. 35.

Digitized by Google

Die Heizung der Röstöfen geschah vielfach mit Gas. Zu Vordernberg erbaute Fillafer neue Gichtgasröstöfen mit Rost. 1866 wurden auf dem Schlerschen Radwerk Nr. III 14 solcher Öfen zusammengebaut. Fig. 3 (a. f. S.) zeigt den vertikalen Schnitt durch zwei mit dem Rücken zusammengebaute Öfen dieser Art. *FF* sind die Aufgabeöffnungen, *aa* sind die Gasschlitze, *cc* die Rostträger, *KK* die Kühl-

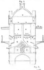
Fig. 3.

räume. Dieselben Röstöfen in etwas größeren Verhältnissen wurden auf dem v. Friedauschen Radwerke Nr. 7 errichtet. — Zu Eisenerz erbaute K. Moser Gichtgas-Flammröstöfen mit geneigter Sohle.

In Schweden, wo man für die Röstung der zum Teil schwefelhaltigen Magneteisensteine ein stärkeres Feuer und deshalb höhere Öfen brauchte als bei den leicht schmelzbaren Spaten der österreichischen Alpenländer, verbesserte Westman die Gasröstöfen mit hinzu-

Digitized by Google

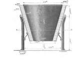
Fig. 3.



licher Windzuführung. Zeichnung und Beschreibung derselben findet man in Weddings Eisenhüttenkunde (Bd. II, S. 485).

Mehr vom Gesichtspunkt grosser Leistungsfähigkeit aus, entsprechend der gesteigerten Production der Hochöfen, waren die Röstöfen auf der Rolandshütte bei Siegen und die Röstöfen auf den Eisenhütten bei Middlesborough construirt. Erstere zeichneten sich durch ihre Einfachheit aus, wie Fig. 4 zeigt. Es waren trichterförmige Schachtöfen ohne Boden. Der Blechmantel des Ofens hing in eisernen Trägern. Die Öfen standen ganz frei, das Aus-

Fig. 4.



Digitized by Google

ziehen ging leicht von statten, das Durchsatzquantum war für Siegerländer Spate ein bedeutendes.

Große Bauwerke sind dagegen die ebenfalls mit festem Brennmaterial betriebenen Röstöfen von Gjers und die von Borrie auf den Cleveland-Eisenwerken (Fig. 5), welche die Dimensionen großer Hochöfen hatten. Sie waren an 50 Fuß hoch und der kreisrunde Schacht hatte 21 Fuß Durchmesser. Oben hatten sie Gichtverschlüsse nach dem Prinzip der Parryschen Trichter, unten befanden sich drei Ausziehöffnungen. Die Gjersschen Röstöfen hatten Blechwände, die auf eisernen Säulen ruhten; das geröstete Erz glitt über einen Verteilungskegel. Die Borrieöfen waren bis zum Boden gemauert und hatten sechs Ausziehöffnungen. Ein solcher Ofen faßte 550 Tonnen und produzierte 110 bis 280 Tonnen Röstgut pro Tag, so daß er für einen Hochofen genügte.

Fig. 5.

Eine eigentümliche Konstruktion zeigte der Generatorgas-Röstofen von Walckner in Wietmarschen zum Rösten tonhaltiger Raseneisensteine. Er bestand aus einem für Torf und Holzkohlenklein konstruierten Gasgenerator mit Treppenrost und Gaswaschvorrichtung und aus einem von Säulen

getragenen gufseisernen Röstcylinder mit getrennter Verbrennungskammer[1]).

William Siemens baute rotierende Röstöfen. Geneigte Eisenblechcylinder waren mit einem Futter von feuerfesten Steinen, mit spiralförmig angeordneten Vorsprüngen ausgekleidet. Durch diese wurden die am oberen Ende eingeschütteten Erze gleichsam fortgeschraubt und fielen am anderen Ende heraus. Die Erhitzung geschah durch Gas und vorgewärmte Verbrennungsluft[2]).

Aitken schlug die Röstung englischer Kohleneisensteine in geschlossenen Retorten vor[3]). Diese Öfen kamen auf der Almondhütte bei Falkirk in Schottland in Anwendung.

Die hüttenmännische Praxis der sechziger Jahre ist charakterisiert durch die Anwendung weit stärkerer Maschinenkräfte und infolgedessen durch gröfsere Produktion. Massenerzeugung wurde in allen Zweigen der Eisenindustrie erstrebt. Bei dem Hochofenbetriebe wurde sie befördert durch die Erschliefsung ausgedehnter fast unerschöpflicher Lager von Eisenerzen, in deren Nachbarschaft zahlreiche und riesige Hochöfen entstanden. In erster Linie gilt dies von dem Clevelanddistrikt in Nordengland, sodann auf dem Kontinent von den ausgedehnten Minetteablagerungen in Luxemburg, Lothringen und Nordfrankreich, in Nordamerika für die Lake-Superior-Erze. Aufserdem gewann die Einfuhr überseeischer Eisenerze in dieser Periode immer gröfsere Bedeutung. Es waren dies für Frankreich die Erze von Mokta-el-Hadid bei Bona in Algier, kurzweg Moktaerze genannt, ferner die Erze von Elba und von St. Leon auf Sardinien; für England besonders die Erze von Sommorostro bei Bilbao in Nordspanien.

Bei der Aufbereitung der Erze zeigt sich eine vermehrte Anwendung von Maschinen gegen früher. Das Zerkleinern geschah in ausgedehnter Weise durch Brechmaschinen, die eine sehr rasche Verbreitung fanden. Die Steinbrecher wurden von dem Amerikaner Black in Newhaven im Jahre 1858 erfunden. In Europa wurden sie durch die Londoner Ausstellung 1862 bekannt. Mit ihrer zunehmenden Verbreitung erfuhren sie zahllose Änderungen und Verbesserungen, so zuerst von Whitney, von Smith & Roberts, von Avery, von Dyckhoff, von der Georgs-Marienhütte bei Osnabrück 1864, von Schwartzkopff in Berlin 1865, von Thomas 1866.

Um diese Zeit wurde von Gardiner in den Vereinigten Staaten

---

[1]) S. Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1863, S. 61; H. Weddings Handbuch 1898 II, Fig. 133.
[2]) Charles William Siemens' Engl. Pat. v. 21. Mai 1869, Nr. 1575.
[3]) Practical Mechanic's Journ. 1869, p. 201.

Digitized by Google

der sogenannte Thunderbolt Crusher erfunden. Eine besondere Art von Erzbrechern konstruierten Corbitt und Archer[1]). Ein anderes Patent war von Marsden.

Für die Zerkleinerung der Steinkohlen hatte Carr eine Schleudermühle (Desintegrator) konstruiert, die 1870 von Haurez verbessert wurde. Letzterer hatte schon 1867 die Centrifuge zum Trocknen gewaschener Steinkohlen verwendet.

Eine grofse Eisenerzwäsche wurde 1866 auf der Grube Cornelia zu Stolberg bei Aachen eingerichtet[2]). Dr. Bernouilli hat die Aufbereitung der kupfer- und schwefelkieshaltigen Magneteisensteine von Traversella in Oberitalien beschrieben[3]). Dufournel erfand eine transportable Eisensteinwaschmaschine[4]). Es war dies im wesentlichen nichts anderes als die in Deutschland längst bekannte Waschtrommel.

Für die Aufbereitung der Steinkohlen bewährten sich besonders die von Sievers & Comp. zu Kalk nach dem System Neuerburg gebauten Anlagen, ferner die Steinkohlenwäsche von Binkbeck[5]).

Auch chemische Aufbereitung kam namentlich zur Entfernung der Phosphorsäure aus den Erzen in Anwendung. Zu Kladno wurden die gerösteten schwefelhaltigen Erze in grofsen Bassins ausgelaugt und man fügte, um die Phosphorsäure völlig in Lösung zu bringen, noch schwefligsaures Wasser zu.

Strohmeyer versuchte 1865 die phosphorreichen Erze von Ilsede dadurch zu entphosphorn, dafs er sie brannte und dann mit verdünnter Salzsäure auslaugte. Nach seinem Vorschlage sollte man die Salzsäure aus der Lösung wiedergewinnen und den phosphorsäurehaltigen Rückstand als Dünger verwenden. Für einen Massenbetrieb war dieses Verfahren aber viel zu teuer.

Auf dem Gebiete der Koksfabrikation sind viele, wenn auch keine hervorragenden Neuerungen in diesem Zeitraum zu verzeichnen. Die Fortschritte erfolgten auf dem in dem vorhergehenden Jahrzehnt eingeschlagenen Wege. Für verschiedene Arten von Steinkohlen wendete man verschiedene Systeme der Verkokung an. In Oberschlesien hielt man an der Verkokung in Meilern und Schaumburger Öfen fest und bediente sich nur für backendere Kohlen der Öfen. In Saarbrücken, Westfalen, Rheinland, Belgien und Nordfrankreich wendete

---

1) Génie industriel 1869, vol. 38, pl. 481.
2) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1861, Nr. 40.
3) Siehe Preufs. Zeitschrift IX, S. 171.
4) Annales des mines 1864, 4. livr.; Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1865, S. 215, Tab. VII, 1—4.
5) Siehe Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1868, S. 119.

Digitized by Google

man allgemein die retortenartigen Öfen mit Seiten- und Sohlenfeuerung und Doppelthüren an. In Saarbrücken waren die Konstruktionen von François und Rexroth am meisten verbreitet, daneben benutzte man auch Appoltsche Öfen. Überall standen hier die Koksanstalten in Verbindung mit Kohlenwäschen, teils nach Rexroths, teils nach Neuerburgs System. Um 1867 erlangten die Ofenkonstruktionen von Haldy, Smet und Gobiet gröfsere Verbreitung, weil sie bessere Koks lieferten. Dieselben Systeme waren in Westfalen und in Belgien, von wo sie ausgegangen waren, verbreitet. Die Öfen von Gobiet fanden besonders auch in Österreich Aufnahme.

Die Koksfabrikation Belgiens war hervorragend, von ihr gingen die meisten Verbesserungen aus. Die genannten Ofenarten haben ihre Namen grofsenteils von belgischen Erfindern. Smet war Direktor in Couillet, François Hüttenbesitzer in Marcinelle, Dulais Koksfabrikant zu Charleroi u. s. w.

Das System Smet wurde angewendet zu Ougrée, Seraing und Grevignée. Die Öfen waren in der Regel 7 m lang, 0,65 m breit und 1,60 m hoch; Charge 40 bis 50 hl, Betriebsdauer 24 bis 36 Stunden. Die Flamme trat durch Öffnungen am Anfang des Gewölbes in zwei Seitenkanäle, von da in die Züge unter der Sohle, dann in die Esse. Als neue Konstruktionen tauchten Anfang der sechziger Jahre die von Gandebien zu Montigny-sur-Sambre und von Evence Coppée, der eine Koksanstalt bei La Louvrière betrieb, auf. Die Coppéeöfen hatten ursprünglich nur eine Thüre, lieferten aber ein besonders gutes Produkt. Später versah man sie mit zwei Thüren und prefste sie mit Maschinen aus (Fig. 6, 7, 8), wie die übrigen belgischen Öfen.

Die Benutzung der Koksöfen zur Dampfkesselfeuerung, die namentlich in Belgien so beliebt war, schränkte man vielfach ein. Man legte die Kessel entweder so an, dafs sie nur einen Teil der Öfen bedeckten, so dafs die Beschickung der Koksöfen von oben erfolgen konnte, oder man errichtete vertikale Dampfkessel an den Enden der Batterieen. Mitte der sechziger Jahre erlangte ein anderes System von Laumonier Verbreitung. Bei diesem waren 24 Öfen radial um eine hohe Esse gruppiert. Diese Öfen zeichneten sich durch hohes Ausbringen aus; die am Bahnhofe zu La Louvière ergaben 88,4 Prozent.

In Frankreich hielt man noch vielfach (z. B. zu Anzin) an den einthürigen Öfen fest. Talabots Öfen standen zu l'Agrappe, Denain und Anzin im Betrieb. Besonderen Wert legte man in Frankreich auf die Gewinnung der flüssigen Destillationsprodukte. De Vathaire verbesserte

Digitized by Google

die **Knabschen** Öfen[1]) und **Pernolet** konstruierte Koksöfen mit geneigter Sohle und Kondensationsapparat.

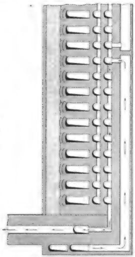


Fig. 8.

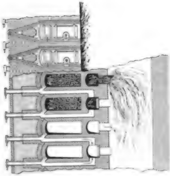


Fig. 7.

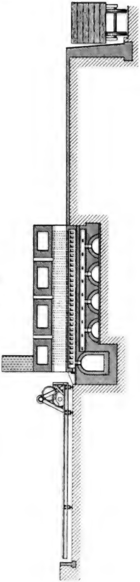


Fig. 6.

In England erwarb sich **Cochrane** Verdienste um die Koksfabrikation[2]). Seine Öfen waren ringförmig um eine Esse gebaut.

[1]) Siehe Bullet. de la soc. min., t. 14, p. 141. 1868.

[2]) S. **Dingler**, Polyt. Journ. 164, S. 420.

Digitized by Google

Der Wind ist die Lebensluft des Hochofens und seine Zuführung, Menge, Pressung und Erhitzung von gröfster Wichtigkeit.

Für die Bestimmung der Windmenge wurden zahlreiche Tabellen nicht nur in Zahlen, sondern auch graphische, wie z. B. von Bornemann 1860 veröffentlicht. In Rittingers Erfahrungen für 1860 ist eine Kritik der verschiedenen Windtabellen und eine Anleitung zur Anfertigung graphischer Tabellen von Schmidt enthalten. P. Tunner, Rittinger und v. Hauer haben zuerst den Widerstand des Druckes im Ofengestell berücksichtigt, während man bis dahin den Wind berechnete, als wie wenn er frei ausströmte. Tunner mafs diesen Gegendruck, indem er eine schmiedeeiserne Röhre in dem Ofen niedergehen liefs und diese mit einem Manometer verband. Schmidhammer bestimmte den Druck im Hochofengestell auf Rittingers Veranlassung dadurch, dafs er die Arbeit der Dampfmaschine ermittelte, welche nötig war, um dieselbe Windmenge bei geschlossener und bei zurückgezogener Düse auszupressen, wobei er etwas andere Werte ermittelte als Tunner. Er fand bei einem Hochofen zu Neuberg die Pressung bei vorgeschobenen Düsen 22,5 Linien, bei zurückgeschobenen 14,5 Linien, die Differenz von 8 Linien drückt also die Pressung im Gestell aus. Das Manometer zeigte dagegen bei direkter Messung 11 Linien Pressung.

Hauer legte Schmidhammers Beobachtungen seinen Windberechnungen zu Grunde, die ergaben, dafs ohne Berücksichtigung dieses Widerstandes die Zahlen etwa 40 Prozent zu hoch ausfielen.

Cages rechnet (1860) auf 1 cbm festen Kohlenstoff eine Maximalmenge von 4440 cbm Wind.

H. Buschbeck in Lauchhammer hat 1861 Zahlen für den Windbedarf im Hochofen bei verschiedenen Brennstoffen und Eisensorten mitgeteilt [1]).

In England ermittelte man folgende Werte des Windverbrauchs für die Produktion von einer Tonne Roheisen:

		auf 1 cbm Ofenraum
In Schottland	5000 bis 5500 cbm	0,50 cbm
„ Wales	5000 „ 5800 „	0,78 „
„ Staffordshire u. Cleveland	6000 „ 7000 „	0,55 bis 0,65 „
Bei kaltem Wind	8000 „	0,70 „

v. Mayrhofer lieferte 1866 neue Tabellen über die Geschwindigkeit und Menge des Windes und den entsprechenden Kraftbedarf [2]).

---

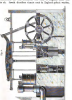
[1]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1861, S. 16.

[2]) Siehe Leobener Jahrbuch 1867, S. 240

Digitized by Google

Hinsichtlich der Gebläsemaschinen kam man von den Balanciermaschinen auf dem Kontinent und auch in England mehr und mehr ab. Soweit dieselben damals noch in England gebaut wurden,

Fig. 9.



versah man sie mit Schwungrad und schiefer Kurbelstange, wie die Fig. 9 abgebildete Zwillingsmaschine der Shelton Coal and Iron Company bei Stoke upon Trent mit Windcylinder von 2337 mm, Dampfcylinder von 1137 mm Durchmesser und 2743 mm Hub zeigt.

Digitized by Google

Die meist nach aufwärts gebogene Verlängerung des Balanciers nannte man horse-head. Dagegen fanden stehende Maschinen, bei denen sich der Dampfcylinder unten, der Gebläsecylinder oben befand, grofse Anerkennung. Solche Maschinen baute auf dem Kontinent namentlich die Gesellschaft Cockerill zu Seraing in grofser Zahl. Ähnliche lieferte auch Borsig in Berlin. Von letzteren kam das erste Paar Mitte der sechziger Jahre auf der Borsigschen Hochofenanlage bei Biskuspitz in Schlesien zur Aufstellung[1]).

In Oberschlesien wendete man um 1861 neben den sogenannten Woolfschen Maschinen die Schmidtschen an, bei denen der Dampfcylinder unmittelbar über dem Gebläsecylinder stand. In Westfalen zog man dagegen die liegenden Maschinen vor und der fortdauernde Kampf zwischen beiden Systemen kam zu keiner Entscheidung. In vielen Fällen war die Platzfrage ausschlaggebend. Man baute die Gebläsemaschinen in dieser Periode aber durchgehends viel stärker wie früher. Der englische Grundsatz, mehrere Hochöfen mit einem sehr starken Gebläse zu betreiben, fand auch auf den grofsen Hüttenwerken des Kontinents Anwendung. So stellte man beispielsweise um 1868 in Oberschlesien sehr starke Gebläsemaschinen auf; eine liegende zu Laurahütte, von Wöhlert in Berlin gebaut, hatte 8 Fufs Kolbendurchmesser und 8 Fufs Hub und 600 Pferdekräfte. Eine andere stehende Zwillingsmaschine mit Balancier nach englischem Muster von 750 Pferdekräften für die Königshütte wurde in Gleiwitz ausgeführt.

Noch viel gröfsere Maschinen gab es in England, wo z. B. zu Ebbw-Vale 1867 eine von 12 Fufs Kolbendurchmesser und 12 Fufs Hub in Betrieb stand. Zu Ormesby, Newport, Thornaby und Grosmont hatte man schnelllaufende Gebläse nach Slade (1867).

Von neuen Konstruktionen erwähnen wir noch die Gebläsemaschine von Kirk. Dieselbe hatte eine hohle Kolbenstange, durch welche nahe an den Cylinderböden Wind ein- und austreten konnte. Hierdurch wurde der schädliche Raum sehr vermindert. Die Maschine lief sehr schnell und machte bis 120 Touren in der Minute[2]).

Eine sehr gründliche Berechnung der Gebläsemaschinen veröffentlichte der um den Maschinenbau hochverdiente Professor Gustav Schmidt[3]).

---

[1]) Siehe Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleifses in Preufsen, 1867.

[2]) Siehe Pract. Mechan. Journ. 1868, p. 336.

[3]) Siehe Zeitschr. d. Österreich. Ingen.-Ver. 1864, S. 179.

Digitized by Google

Testud de Beauregard konstruierte 1861 ein Dampfstrahlgebläse.

Von den grofsen Windregulatoren kam man namentlich in England mehr und mehr ab. Sie wurden durch sehr weite Hauptwindleitungsröhren ersetzt. Man zog es vor, die Gebläsemaschinen nicht wie früher möglichst nahe bei den Hochöfen anzulegen, sondern die grofsen Maschinen, die eine ganze Reihe von Öfen zu bedienen bestimmt waren, an deren Ende, nicht zu nahe dabei zu erbauen und sie durch eine sehr weite Leitung aus Eisenblech mit den Öfen zu verbinden.

In Frankreich konstruierte Chauffriat zu St. Etienne 1865 einen verbesserten Wasserregulator mit federndem Oberkasten für die Windausströmung[1]).

v. Hoff in Hörde brachte 1864 in den Windleitungsröhren patentierte Sicherheitsklappen an, welche beim Stillstand des Gebläses ein Zurücktreten der Hochofengase in die Windleitung und damit Explosionen verhinderten. Die Klappe wurde beim Ausströmen des Windes durch diese gehoben und fiel beim Abstellen durch ihr eigenes Gewicht herunter.

Die Winderhitzung erlangte eine immer gröfsere Wichtigkeit für die Massenproduktion, und man suchte die Temperatur des Windes in dieser Periode erheblich zu steigern. Dies geschah besonders bei den Hochöfen des Clevelanddistriktes, der in dieser Beziehung allen anderen vorauseilte. Cochrane zu Ormesby erwarb sich namentlich in dieser Richtung Verdienste.

Was die Winderhitzungsapparate selbst betrifft, so entwickelten sich dieselben, indem man ihre Leistungsfähigkeit zu steigern und möglichst hohe Windtemperaturen zu erzielen strebte, nach zwei Richtungen. Einerseits waren es die Apparate mit gufseisernen Heizröhren, andererseits steinerne Winderhitzer mit Siemensscher Regenerativfeuerung, die man zu den gröfsten Wirkungen zu steigern strebte. Von den Röhrenapparaten waren es ganz besonders die Pistolenapparate, welche erst in England, dann auf dem Kontinent wegen ihres Effektes immer gröfsere Verbreitung gewannen. Diese wurden Ende der fünfziger Jahre auf den Gartscherrie-Werken in Schottland zuerst eingeführt. Sie verbanden die Vorteile der Hosenröhrenapparate mit den in England gebräuchlichen Fufskastenapparaten[2]), die 1851 von Martin Baldwin zu Bilston in Südstaffordshire erfunden waren.

[1]) Siehe Dingler a. a. O. 181, S. 346.

[2]) Siehe Percy, Iron and Steel, p. 410; Wedding a. a. O., II, 106.

Digitized by Google

Fig. 10 zeigt die Einrichtung der Pistolenröhren, die in zwei Reihen auf zwei geteilte Fufskastenröhren (Fig. 11) so aufsafsen, dafs ihre gekrümmten Enden sich ganz nahe gegenüberstanden und Bogen bildeten, ähnlich wie die Hosenröhren. Durch das geteilte

Fig. 10.

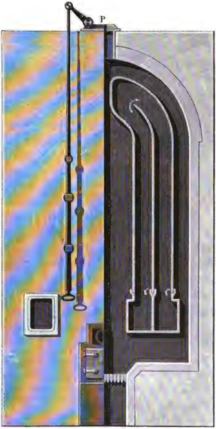


Fig. 11.

Fufsrohr trat die kalte Luft bei A in der Richtung des Pfeiles ein, stieg durch die bis nahe der Spitze geteilten ersten 8 Pistolenröhren in der inneren Abteilung t aufwärts und in der äufseren t' abwärts, dann trat der Wind in die zweite Abteilung und ging in den folgenden 8 Pistolenröhren durch t'' aufwärts und durch t''' abwärts und verliefs als heifser Wind bei B

Digitized by Google

den Apparat. Die erhitzten Flächen, welche der Wind bestrich, waren bei diesem Apparat sehr groß und doch auf einen engen Raum zusammengedrängt. Die Herstellung der Pistolenröhren war keine leichte Aufgabe für die Gießerei und bereitete anfangs auf manchen Werken Schwierigkeiten. Man rechnete in England bei den Pistolenapparaten auf 1 cbm Wind in der Minute 1 qm Heizfläche.

Fig. 11.

Einen guten Winderhitzer mit vertikalen Schlangenröhren und Gasheizung erbaute Levick auf den Blaina-Eisenwerken, Südwales, Anfang der sechziger Jahre[1].

Die Anwendung des Siemensschen Prinzips der Regeneration der Wärme für die Winderhitzung hatte Edward A. Cowper zuerst durchgeführt. Cochrane erzielte 1860 und 1861 auf der Eisenhütte

Fig. 12.

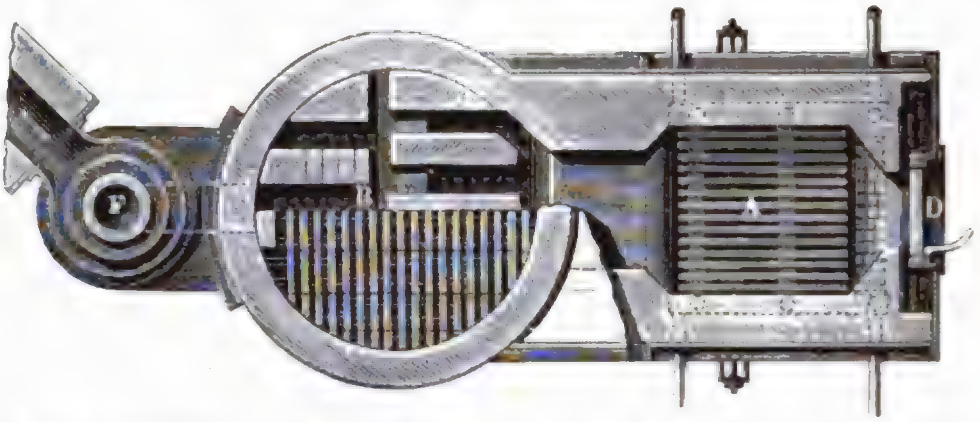
zu Ormesby mit den mit Gas geheizten Cowperapparaten große Erfolge. Fig. 12, 13 und 14 (s. f. S.) zeigen den Schnitt durch einen dieser Öfen, von denen immer zwei zu einem Apparat verbunden waren.

[1] Percy, Iron and Steel, p. 420.

Digitized by Google

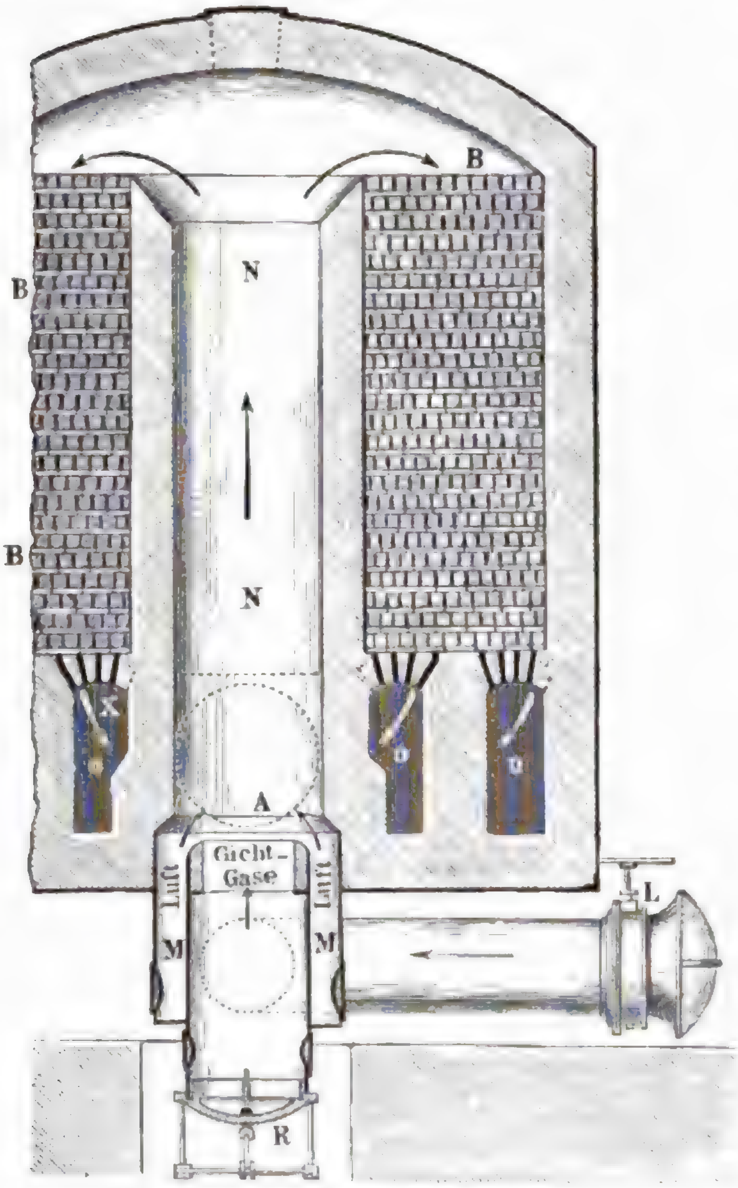
Sie waren mit Steinkohlenfeuerung versehen. Während der Regenerator *B* durch die Feuerung *A* erhitzt wurde, war der Schieber *E* und das

Fig. 14.



Ventil *F* geschlossen. War die Heizkammer mit dem durchbrochenen Mauerwerk genügend in Glut, so schlofs man das Ventil *C* und die Thüre *D* und öffnete den Schieber *E* und das Ventil *F*. Der Wind trat dann durch *F* in den Generator *B*, wurde hier erhitzt und entwich durch *F* in die Windleitung.

Fig. 15.



Cochrane steigerte die Windtemperatur bis zu der bis dahin unerreichten Höhe von 620° C., wobei er eine um ca. 20 Prozent höhere Produktion und grofse Koksersparnis hatte.

Die Cowperapparate mit Gichtgasheizung (Fig. 15) fanden auf den Hütten des Clevelanddistriktes, namentlich auf den Clarencewerken, Eingang. 1862 wurden dieselben auf der Friedrich-Wilhelmshütte bei Siegburg zuerst auf dem Kontinent eingeführt. Die Cowperöfen mit Hochofengasheizung hatten aber einen grofsen Nachteil dadurch, dafs sich die engen Züge des

Digitized by Google

Gittermauerwerk rasch mit Staub versetzten und verstopften. Cochrane suchte diesem Übelstand durch Reinigung der Gase abzuhelfen, was

Fig. 18.

Fig. 19.

ihm auch bis zu einem gewissen Grade gelang, trotzdem blieb dieser Mangel den Apparaten anhaften und stand ihrer Verbreitung im Wege. Diesen Fehler suchte Whitwell dadurch zu vermeiden, daß er

Digitized by Google

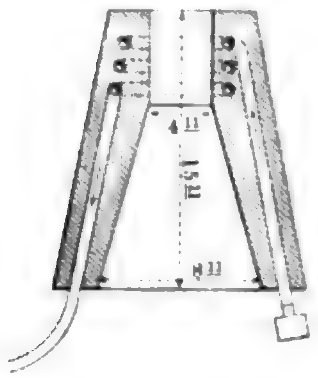
seine ebenfalls gemauerten Heizzüge weiter machte und vereinfachte. Hieraus entstanden die Whitwellapparate, wie sie 1867 auf der Thornaby-Eisenhütte bei Stockton on Tees zur Verwendung kamen. Die Feuerung derselben beruht auch auf Siemens' Regenerativprinzip, der Heizofen selbst aber erscheint als Flugstaubkammern mit Zwischenwänden, die durch viele Füchse unterbrochen sind, wie es die Fig. 16 und 17 (a. v. S.) zeigen. Mit den Apparaten von Cowper, Cochrane und Whitwell konnte man schon 1860 Windtemperaturen bis zu 800° C. erzielen.

Aufser den genannten Systemen der Winderhitzungsapparate erwähnen wir noch die hängenden Röhrenapparate, wie solche auf der Georg-Marienhütte bei Osnabrück von Wintzer und namentlich auf der Königshütte in Oberschlesien um 1869 nach Weddings Idee ausgeführt worden sind[1]), sowie die Apparate von Gjers zu Linhorpehütte, die 1870 im Clevelanddistrikte Eingang fanden. Diese hatten horizontale gufseiserne Hauptröhren mit 60 Siphonröhren.

Schäffer und Budenberg in Buckau bei Magdeburg konstruierten verschiedene brauchbare Hülfsapparate, wie Tourenzähler, Manometer und Federpyrometer für heifsen Wind.

Die bronzenen Wasserformen, welche in Deutschland längst bekannt waren, kamen erst 1865 in England, wo man nur gufseiserne und schmiedeeiserne Formen kannte, als eine angeblich neue Erfindung von Neal Solly auf (Fig. 18). In Deutschland hatte W. Renner in Barmen, der sie auf der Saynerhütte (s. Bd. IV, S. 495) kennen gelernt hatte, sich schon 1851 auf deren Fabrikation verlegt und solche der Gesellschaft Eintracht in Hochdahl geliefert. 1862 waren sie in Deutschland, Frankreich und Belgien schon sehr verbreitet. Fr. Schulten in Duisburg hatte in diesem Jahre solche Formen in London ausgestellt.

Fig. 18.



Bei dem Hochofenprozefs ging das Streben hauptsächlich auf Vermehrung der Produktion. Der Betrieb mit Koks überflügelte den mit Holzkohlen immer mehr und verdrängte ihn. 1867 gab es in Grofsbritannien nur noch vier Holzkohlenhochöfen.

Das Streben nach Steigerung der Leistung übte seinen Einflufs auf den Bau der Hochöfen hauptsächlich in der Richtung aus, dafs man ihnen durch Erweiterung einen gröfseren Fassungs-

[1]) Siehe Wedding a. a. O., II, S. 114 und Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1869, Nr. 17.

Digitized by Google

raum gab. Während die älteren Hochöfen in Grofsbritannien nur selten 5000 Kubikfuss (141,5 cbm) Inhalt erreichten, vergröfserte man jetzt die Hochöfen in Nordwales bis 660 Kubikfufs (186,8 cbm), in Lancashire bis 9300 Kubikfufs (263,2 cbm), in Südwales bis 20000 Kubikfufs (566 cbm) und in Cleveland bis 26000 Kubikfufs (735,8 cbm). Die Erhöhung der Öfen fand nicht in demselben Verhältnis statt; eine Ausnahme machte der Clevelanddistrikt, wo die Erze und die vorzüglichen Koks eine sehr hohe Schmelzsäule gestatteten. Die Entwickelung der Hochofenindustrie in diesem Gebiete stand in dieser Periode durch ihre Neuheit und Grofsartigkeit im Mittelpunkt des hüttenmännischen Interesses.

Die Hochöfen, die in den fünfziger Jahren im Clevelandbezirk erbaut worden waren, hatten meist 15 bis 16 m Höhe und 150 bis 170, ausnahmsweise bis 200 cbm Inhalt. Seit 1861 aber begann man die Öfen von Jahr zu Jahr gröfser zu bauen[1]). 1862 errichtete Whitwell zwei Öfen von 19 m Höhe und in demselben Jahr Bolkow und Vaughan einen Ofen von 23,7 m Höhe und 400 cbm Inhalt. Dieser Ofen von Vaughan ergab eine bedeutende Brennstoffersparnis, wie Lowthian Bell nachwies, infolge besserer Verbrennung und Wärmeausnutzung, die sich durch höheren Kohlensäuregehalt und niedrigere Temperatur der Gichtgase erwies. Bell baute deshalb auf den Clarence-Eisenwerken einen Ofen von 25 m Höhe und 425 cbm Inhalt. Seitdem steigerte sich das Streben nach Erhöhung und Erweiterung der Hochöfen in dem Gebiete um Middlesborough immer mehr, bis man zuletzt Hochöfen von über 1000 cbm errichtete. Lowthian Bell wies aber nach, dafs diese Vergröfserung übertrieben war und nicht den entsprechenden Nutzen gewährte.

Aus der nachfolgenden Zusammenstellung[2]) ersieht man die aufserordentliche Vergröfserung der Hochöfen im Clevelanddistrikte.

Jahr	Erbauer	Ort	Höhe m	Inhalt cbm
1861	Whitwell & Co.	Tornaby	18,30	362
1862	Bolkow & Vaughan	Cleveland	23,00	340
1864	Samuelson	Newport	21,00	440
1864	Thom. Vaughan	Southbank	24,70	450
1866	Bolkow & Vaughan	Cleveland	29,00	430

[1]) Gjers, Über die graduelle Entwickelung der Hochöfen in Cleveland im Journ. of the Iron and Steel Ind. Nov. 1871.

[2]) Nach M. L. Gruner, Analytische Studien über den Hochofen. Deutsch von Const. Steffen, 1875, S. 3.

Digitized by Google

Jahr	Erbauer	Ort	Höhe m	Inhalt cbm
1866	Hopkins, Gilkes & Co.	Teeside	25,00	566
1868	Bolkow & Vaughan	Cleveland	29,00	736
1870	Lowthian Bell	Clarence	24,40	700
1870	Cochraue	Ormesby	27,50	1165

Die Erzeugung wuchs im allgemeinen mit dem Fassungsraum des Ofens, dem ja auch eine gröſsere Windmenge entsprach, keineswegs aber proportional; eine gröſsere Ökonomie des Betriebes in Bezug auf den Brennstoffverbrauch ergab sich überhaupt nicht, wie sich aus nachstehender Zusammenstellung nach Fr. Dürre[1]) ersehen läſst.

Hütte	Jahr	Inhalt cbm	Erzeugung in 24 Stdn. Tonnen	Inhalt cbm pro Tonne	Koks-verbrauch pro Tonne
Clarence	1866	330	48,5	8,6	1125
Cleveland (Eston)	1865	430	46,2	9,3	1125
Clarence	1865	440	50,0	8,8	1125
Ormesby	1867	584	63,0	9,2	1100
Clarence	1870	700	60,0	11,7	1125
Cleveland (Eston)	1868	736	52,5	14,0	1125

Die Gestalt der Ofenprofile war nach wie vor höchst mannigfaltig. Wie zu Anfang der vierziger Jahre John Gibbons, so brachte im Anfang dieser Periode der verdienstvolle Hüttenmann John Parry zu Ebbw-Vale einen Normalhochofen in Vorschlag. Die Vergleichung beider Profile (Fig. 19, 20) zeigt deutlich, in welcher Weise sich die Anschauungen über Gestalt und Maſse der Hochöfen in England geändert hatten.

W. Trurans Ansicht über die Erweiterung der Hochofengicht war zwar übertrieben, aber nicht unbegründet und seine Mahnung, die Gichtöffnung zu vergröſsern, war für viele englische und schottische Hochöfen gerechtfertigt und hatte auch Erfolg. In Deutschland war P. Tunner für die Erweiterung der Gichten eingetreten, und so fand auch auf dem Kontinent dieser Grundsatz Anerkennung. Das Streben nach Vermehrung der Erzeugung muſste ebenso zu einer Erweiterung des Schmelzraumes, des Ofengestells führen und diese zwang wieder zur Vermehrung der Windformen zum Zweck besserer Windverteilung.

[1]) Dr. E. F. Dürre, Die Anlage und der Betrieb der Eisenhütten, II, S. 96.

Digitized by Google

UNIVERSITY CALIFORNIA

Fig. 19.

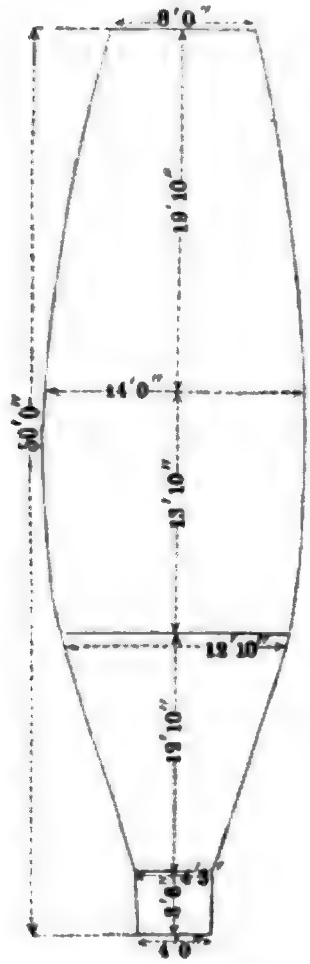
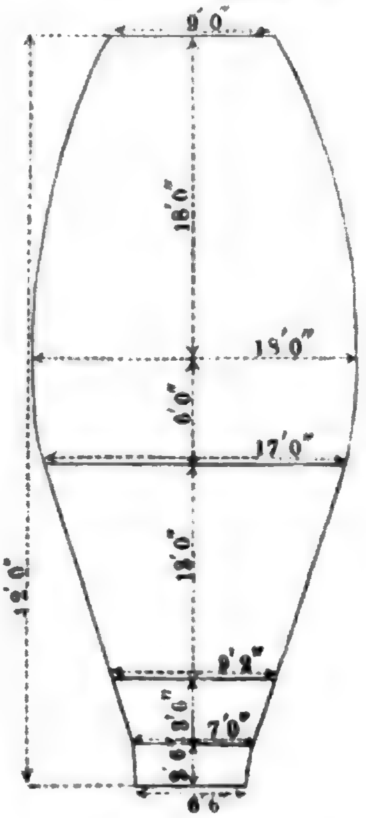


Fig. 20.



Nachfolgende Zusammenstellung von Ofenprofilen, zumeist aus Grofsbritannien, zeigt die grofse Verschiedenheit der inneren Gestalt der Hochöfen in diesem Jahrzehnt.

Hochöfen	Höhe m	Weite: Gestell m	Weite: Kohlensack m	Weite: Gicht m	Inhalt cbm	Bemerkungen
Schottland:						
Muikirk	11,25	2,10	3,63	3,63	—	Fig. 21
Longloan	12,19	1,37	4,26	3,05	—	
Glengarnock	13,42	1,83	4,88	2,44	—	Fig. 22
Gartsherrie	19,80	2,13	4,57	3,05	—	
England:						
Südwales.						
Anthrazitöfen:						
Whatneys, A. F.	9,15	1,22	4,25	2,80	—	Fig. 23
Ystallifera	10,98	1,71	4,27	3,05	—	
Steinkohlen- u. Koksöfen:						
Dowlais (1860, Lan)	13,—	1,80	4,20	3,—	—	
„ (1863, Percy)	12,80	2,40	5,60	3,25	—	Fig. 24
Ebbw Vale (1860)	13,50	2,30	5,30	2,75	—	
„ „ (1863)	14,10	2,40	6,10	3,—	—	Fig. 25
Pontypool	13,72	1,55	3,96	3,20	—	Fig. 26

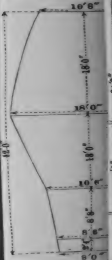
Digitized by Google

Hochöfen	Höhe	Weite			Inhalt	Bemerkungen
		Gestell	Kohlensack	Gicht		
	m	m	m	m	cbm	
Bleanavon (1860) . . .	14,60	1,20	3,70	2,40	—	
„ (1863) . . .	14,—	1,50	4,80	2,70	—	Fig. 27
Cwm-Celyn 1	12,60	1,83	4,52	2,74	—	Fig. 28
„ 2	18,10	2,74	7,32	4,27	—	Fig. 29
Nordwales:						
Ruabon (1863)	13,66	2,28	4,80	3,20	—	Fig. 30
Staffordshire:						
(Ältere)	13,—	2,10	4,25	2,80	—	
Bilston (1860)	14,—	2,44	4,50	3,35	—	
Great Bridge-Wednesbury	14,33	2,40	4,72	3,17	—	Fig. 31
Congreaves	13,60	2,74	5,26	3,66	—	
Park Lane-Tipton	18,29	0,91	3,35	2,74	—	
Russels Hall (Dudley) . .	15,—	2,50	4,50	3,60	—	Fig. 32
Lancashire:						
Barrow	17,—	2,35	5,03	3,35	—	Fig. 33
Kirkless Hall	24,38	—	7,31	2,44	—	
Cumberland:						
Whitehaven	13,40 (15,24)	2,13	4,26	2,74	—	
Clevelanddistrikt:						
Middlesborough (ältere) .	12,—	1,—	5,—	2,80	130—140	
„ (1851) . .	12,80	1,83	3,66	2,44	—	Fig. 34
„ (neuere)	15,25	1,85	4,34	2,40	—	Fig. 35
Teesfield	17,20	2,13	4,88	2,74	—	Fig. 36
Ormesby	23,10	2,44	7,31	—	584	
Clarence (1865)	24,40	—	7,31 bis 7,97	—	440—700	
Middlesborough (Eston)	25,61	2,44	7,62	5,49	—	
„ (Gjees)	25,61	2,59	7,62	5,49	—	
South Bank (1870)	25,93 (85[1])	—	7,63 (25[1])	—	763,3 (26 000 Kubikfuſs)	
Einige deutsche Hochöfen zur Vergleichung:						
Gleiwitz	14,437	2,563	5,321	3,923	—	
Königshütte (neue, 1870) .	18,831	2,668	6,277	3,766	—	
Hörde (ältere)	16,451	1,308	4,237	2,825	—	
Johannishütte (Duisburg) .	15,693	0,942	5,022	3,139	—	
Neuschottland bei Steele .	15,065	1,883	5,022	3,452	—	
Amerikanische Anthrazitöfen:						
Saucon Iron Works (Pa.[2])	16,77	2,75	7,49	2,44	—	Fig. 37 mit 19 Formen
Scranton (Pa.)	15,25	2,40	7,50	2,60	—	Fig. 38, 39

[1]) Percy-Wedding, S. 808: 34,4 m ist wohl verdruckt.
[2]) Pa. = Pennsylvania.

Digitized by Google

Fig. 24.



29.

Fig. 30.

Fig. 31.

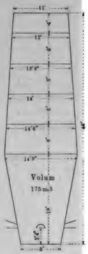


Fig. 35.

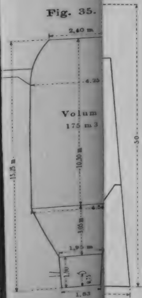
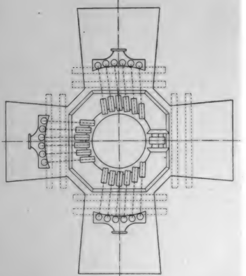


Fig. 39.



Google

Digitized by Google

Die Erweiterung der runden Hochofengestelle hatte trotz höherer Windpressung und Vermehrung der Formen enge Grenzen, da der Schmelzpunkt (Focus), welcher sich vor jeder einzelnen Form bildete, wie Tunner nachgewiesen hatte, sich nicht weit in das Innere des Ofens erstreckte. Tunner hatte einen Abstand von $1^1/_2$ Fufs als Maximum angegeben. Es lag deshalb nahe, durch Abänderung des kreisförmigen Querschnitts des Hochofengestells und Verwandlung desselben in eine längliche Gestalt bessere Verteilung und Ausnutzung der Wärme zu erzielen. Dieses Streben einerseits und das von Truran angeregte Streben nach Erweiterung der Hochofengichten führte den russischen General Wladimir Raschette Anfang der sechziger Jahre zu der eigentümlichen Konstruktion, welche unter dem Namen Raschetteofen eine Zeit lang das allgemeine Interesse der Hochofentechniker auf sich lenkte. Diese Öfen hatten einen länglich rechtwinkligen Querschnitt und erweiterten sich bis zur Gicht, sahen also mehr den Röstöfen als den Hochöfen gleich.

Raschette war Direktor der grofsen Kupfer- und Eisenhüttenwerke des Fürsten Demidoff zu Nischne-Tagilsk. Er hatte seinen neuen Ofen ursprünglich für den Kupferschmelzprozefs konstruiert. Nachdem derselbe sich hierfür sehr gut bewährt hatte, wendete er ihn auch zum Eisenschmelzen an, angeblich ebenfalls mit bestem Erfolg. Er erwarb Patente für seine Konstruktion in Rufsland, Frankreich, England, Belgien, Österreich, Schweden u. s. w. und stellte ein Modell seines Ofens 1862 in der Weltausstellung in London aus. Dasselbe wurde von der Jury mit der Preismedaille ausgezeichnet und erregte die Neugier der Fachmänner. P. Tunner sprach sich günstig über die Konstruktion aus, insofern sie auf richtigen theoretischen Prinzipien beruhe, namentlich eine bessere Windverteilung als die seitherigen Hochöfen zeige. Schinz war von der Vorzüglichkeit des neuen Ofens überzeugt, schrieb (ebenfalls 1862) seine grofse Wirkung aufser der Windverteilung der geringen Wärmeabgabe der Ofenwände nach aufsen infolge der vielen Kanäle im Rauhmauerwerk zu. Er erklärte ihn für einen Universalofen. W. Köhler sprach sich in demselben Jahre sehr überzeugt über die Vorzüge des Raschetteofens aus.

Raschette und sein Assistent und Vertreter für Deutschland, Carl Aubel, bezeichneten den neuen Ofen als „Patent-Normal- und Universal-Schachtofen“ und liefsen es an Reklame für denselben nicht fehlen.

Die Konstruktion des Raschetteofens ist aus den Fig. 40 bis 43 (a. f. S.) leicht zu verstehen. Der hier gezeichnete Ofen hat 16 Formen,

Digitized by Google

8 auf jeder Seite, welche in Wechselstellung stehen, wodurch eine möglichst gleichmäfsige Verteilung des Windes und der Temperatur erzielt werden soll. Da der Ofen zu lang ist, um von einer Seite aus gereinigt werden zu können, hat er zwei Arbeitsseiten am Ende der beiden Schmalseiten. Der Ofenschacht erweitert sich vom Boden bis zur Gicht, hat also weder Gestell noch Rast. Eigentümlich sind die Züge von dem verhältnismäfsig schwachen Rauhgemäuer, welche mit den Abwärmkanälen und einer Feuerung verbunden sind. Alle diese Dinge waren nicht neu. Das längliche Gestell hatten Alger und Abt schon 1857 vorgeschlagen und Algers Öfen mit elliptischem Gestell waren zu Richmond in Massachusetts in Nordamerika und zu Dundyvan in Schottland im Betriebe. Schon viel früher, im Jahre 1802, hatte

Fig. 40.

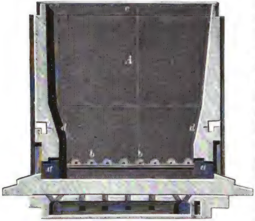


Fig. 41.

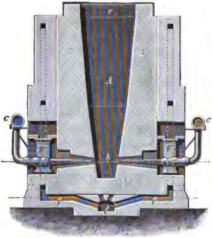
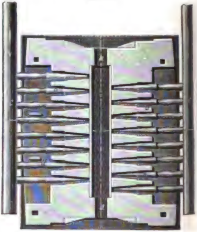


Fig. 42.



Digitized by Google

James Birch einen Hochofen mit zwei Arbeitsseiten konstruiert (s. Bd. IV, Fig. 26). Die Erweiterung des Ofens bis zur Gicht war von William Truran vorgeschlagen und die Abwärmung mit Kanälen und einer vor dem Ofen angebrachten Feuerung war ebenfalls bekannt und namentlich bei den belgischen Öfen in Anwendung. Raschettes Erfindung bestand also nur in der Vereinigung dieser vorgeschlagenen Verbesserungen.

Fig. 46.

Aubel veröffentlichte 1863 eine Broschüre über den Raschetteschen Universalofen, in welcher er die Vorzüge desselben in das glänzendste Licht zu setzen suchte. Er gab für Eisenschmelzöfen ein Maximum der Breite des Ofens vor den Formen von 3 Fuß, der Länge von 20 Fuß, der Höhe von 30 Fuß an. Der von Raschette zuletzt erbaute Ofen zum Eisenschmelzen sei nur 22 Fuß hoch gewesen, so daß die Gichten schon in sieben Stunden vor die Formen traten. Die darin verschmolzenen Erze waren reiche Magneteisensteine. Aubel behauptet, daß für leichtflüssigere und ärmere Erze diese „normale Zeitdauer" noch abgekürzt werden könne. Das war allerdings neu, denn bei den Hochöfen galt es als ein Erfahrungssatz, daß die Beschickung auch unter den günstigsten Bedingungen wenigstens 16 Stunden zu ihrer richtigen Vorbereitung im Ofen verweilen müsse. Aubels widersprechende Angaben haben sich denn auch in der Praxis als unwahr erwiesen.

Folgende Vorteile wurden dem Raschetteofen zugeschrieben: 1. gleichmäßiger Niedergang der Gichten, 2. gleichmäßigeres Aufgichten, 3. vorteilhafte Verteilung der Wärme in der Schmelzzone durch die Stellung der Formen, 4. raschen und billigen Abwärmen des Ofens durch die Feuerungskanäle, 5. geringere Pressung des Windes, 6. billigere Anlage und 7. leichtere Führung des Ofens. Die Produktion sollte im Verhältnis zu dem Inhalt von ca. 2000 Kubikfuß gegen sonst 5000 Kubikfuß mehr als das $1\frac{1}{2}$fache und in 24 Stunden bei Holzkohlenbetrieb 30000 kg betragen. Ein Ofen, der in $1\frac{1}{2}$ bis 2 Monaten fertig gebaut werden konnte, kostete 38000 Mark gegen ca. 150000 Mark für einen entsprechenden Hochofen.

Digitized by Google

Auf diese Anpreisungen hin bildete sich in Deutschland 1863 die Gesellschaft H. Elfers & Comp. und übertrug Aubel den Bau eines Raschetteofens bei Mühlheim am Rhein. Ende April 1864 wurde der Ofen angeblasen und mit Spannung sah man in Fachkreisen dem weiteren Verlauf entgegen. Der Ofen, der mit Koks betrieben wurde, stieg rasch in seiner Produktion und lieferte in den ersten vier Wochen schon 8000 Centner. Am 25. Tage nach dem Anblasen betrug die Produktion bereits 45600 Pfund Roheisen. Der glänzende Erfolg schien gesichert und man pries bereits die Verdienste des Ingenieurs Aubel und des Chemikers Lampe. Da kam aber ein Rückschlag. Störungen traten ein, aus denen man erkannte, dafs durch das rasche Anblasen und den forcierten Betrieb die Wände des Ofens bereits stark gelitten hatten; die Produktion sank und konnte auch trotz aller Bemühungen nicht mehr auf eine befriedigende Höhe gebracht werden. Dazu kam, dafs die Gesellschaft finanziell auf sehr schwachen Füfsen stand, so dafs sie bereits am 5. Mai 1865 in Konkurs geriet. Die grofsen Hoffnungen, die man an das Unternehmen geknüpft hatte, waren damit gescheitert. Die Gläubiger liefsen den 33 Fufs hohen Ofen im Jahre 1866 um 10 Fufs erhöhen. Gleichzeitig baute man ihn im Inneren so um, dafs er nach oben zusammengezogen wurde. Den Formen gab man eine konvergierende Stellung und liefs sie nach dem Mittelpunkt blasen. Ferner schlofs man die eine Arbeitsseite, weil die Benutzung der beiden sich als kostspielig erwiesen hatte und den Ofen zu sehr abkühlte. Kurzum, man gab alles Neue an der Raschetteschen Konstruktion auf und machte daraus einen verkrüppelten Hochofen, der entsprechend ungünstige Resultate gab. Die Begeisterung für die Raschetteöfen zum Eisenschmelzen war damit in Deutschland erloschen.

In England und Frankreich war sie nie erwacht. In Rufsland fanden die Raschetteöfen auf den uralischen Hütten dagegen ziemliche Verbreitung.

In England führte das Bestreben, das Gestell des Hochofens zu erweitern und die Gebläseluft besser zu verteilen, noch zu einer viel unpraktischeren Konstruktion. Es war dies der Hochofen von M. Morgans, welcher am 10. Mai 1864 patentiert wurde. Diese Öfen sollten ein ringförmiges Gestell erhalten dadurch, dafs in der Mitte des Ofens vom Boden aus ein hohler Konus beliebig weit aufgemauert wurde, durch dessen Wand man von innen her Formen einlegte, durch welche geblasen wurde, so dafs der Wind von der äufseren und der inneren Seite des Ringes in den Ofen strömte. Auch

Digitized by Google

konnten Einrichtungen getroffen werden, daſs der Wind nur von auſsen oder nur von innen eintrat. Morgans Ofen sollte $9^1/_2$ m Durchmesser und 12 Formen bekommen und die sechsfache Produktion eines gewöhnlichen Hochofens liefern [1]). Einen Erfolg hatte diese Konstruktion nicht. Dasselbe gilt von Goguels Vorschlag (1862), das Hochofengestell auf Räder zu stellen und fahrbar zu machen, um es leichter auswechseln zu können [2]).

In England machte sich inzwischen sowohl gegen die übermäſsige Erweiterung der Gichten, als auch gegen die zu groſse Anzahl der Formen eine Reaktion geltend. Die zu weiten Gichten hatten den Nachteil, daſs sie einen guten Verschluſs, die Abführung der Gase und ein richtiges Aufgeben der Beschickung erschwerten. Auch in Steiermark und Kärnten hatte die Erweiterung der Gicht nicht die erwarteten Vorteile gebracht. Zahlreiche kleine Formen hatten den Nachteil, daſs durch sie die Ofenwände in der Formhöhe zu sehr verschwächt wurden und daſs die Hitze zu sehr in die Nähe der Ofenwandung gezogen wurde, wodurch der sogenannte „Gestellbrand" entstand. Deshalb ging man namentlich in Südwales von der groſsen Anzahl kleinerer Formen wieder ab, indem man sie durch eine kleinere Zahl weiterer Formen ersetzte. Bei den Anthrazitöfen zu Ystalifera hatte man 9 Formen, noch mehr hatten manche amerikanische; zu Dowlais hatte man 8 Formen, zu Aberdare 6, die übrigen Öfen in Wales hatten 3 bis 5 Formen. In Schottland hatten die Hochöfen zu Coltneſs 12 in 4 Gruppen geordnete Formen, zu Govan 9, zu Gartsherrie 7, zu Longloan 6. Dagegen hatten die groſsen Öfen bei Middlesborough nur 5 Formen. Bagnalls Hochöfen bei Wednesbury hatten 6 Formen und auſserdem noch eine Brustform.

Die Höhe der Öfen war hauptsächlich durch die Natur des Brennmaterials bedingt. Kleinstückiges oder zerreibliches Brennmaterial konnte keine groſse Ofenhöhe vertragen, während man bei sehr festem Koks die Öfen viel höher aufführen konnte. Da nun im Clevelanddistrikt die vorzüglich festen Kokse von Newcastle zur Verfügung standen, so überschritt man das erfahrungsmäſsige Maximum der Höhe von etwa 50 Fuſs und baute die Hochöfen im Laufe der sechziger Jahre immer höher, bis man mehr als die doppelte Höhe erreichte, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

---

1) Siehe Revue universelle, 1865, p. 62.
2) Siehe Génie industriel, 1863, XXVI, p. 56.

Digitized by Google

Hochöfen		Höhe	
zu Clarence, alte . . .	48	Fufs (engl.)	= 14,6 m
„ Consett	55	„ „	= 16,7 „
„ Teeside	75	„ „	= 23,07 „
„ Clarence, neue / „ Ferryhill, alte . .	80	„ „	= 24,4 „
„ Norton	85	„ „	= 25,92 „
„ Ferryhill, neue . . .	103	„ „	= 31,40 „

Seitdem man das Innere der Hochöfen ganz aus künstlichen feuerfesten Steinen herstellte, kam der eigentliche Bodenstein in Wegfall und wurde durch aufrecht gestellte Keilziegel (Fig. 44), welche in sich ein Gewölbe bildeten, ersetzt.

Fig. 44.

Die Wasserkühlung von Gestell und Rast, die schon längere Zeit in England und Deutschland in Aufnahme gekommen war und bereits 1853 zu Mühlheim an der Ruhr angewendet wurde, erlangte in den sechziger Jahren gröfsere Wichtigkeit und allgemeinere Verbreitung. Die Kühlung der Formen und des Tümpeleisens war längst eine Notwendigkeit geworden, hatte aber nur zur Erhaltung dieser besonderen Teile gedient. Man war aber weiter gegangen und hatte besondere Wasserkühlungen eingerichtet, um die steinernen Ofenwände zu kühlen und zu erhalten. Diese Kühlung erstreckte sich nicht nur auf das Gestell, sondern auch auf die Rast.

Bussius[1]), der sich 1862 bemühte, einen Normalofen zu konstruieren, stellte als wichtigste Forderungen das freistehende Gestell, die Rastkühlung und eine rationelle Gasabführung voran.

Als Wassertümpel empfahl er einen hohen Kasten aus Eisenblech, der bis 2 cm über den Tümpelstein reichte. Diese Vorrichtung war bereits in Westfalen vielfach angewendet und durchaus bewährt gefunden worden. In England hatte man Tümpelplatten mit Schlangen-

[1]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg., 1862, Nr. 10.

Digitized by Google

rohrkühlung. Fig. 45, 46, 47 zeigen eine solche von dem Hochofen zu Russels Hall bei Dudley in Staffordshire.

Fig. 45.

Fig. 46.

Fig. 47.

Die **Rastkühlung** sollte aus vier hohlen, oben offenen Kästen aus Gußeisen, die an den Stößen zusammengeschraubt und mit Kitt gedichtet waren, und welche auf acht gegossenen Stützen ruhten, bestehen. Ein Zuleitungsrohr mit Hahn versorgte sie mit Wasser, welches in den vier Kasten kommunizierte und kontinuierlich durchfloß, doch sollten sie immer nur halb gefüllt sein (Fig. 45).

Die **Gestellkühlung** sollte zweckmäßiger durch Hochkasten bewerkstelligt werden.

Da sich die Wasserkühlung besser bei künstlichen als bei Natursteinen bewährte, so gab sie mit Veranlassung, mehr und mehr zur ausschließlichen Verwendung von künstlichen Gestellsteinen überzugehen. Die englischen Gestellsteine waren meist 3 bis 3½ Fuß lang. Viele englische Hochöfen verdankten ihre langen Hüttenreisen nur der Wasserkühlung. Dennoch hielt noch Truran die Nachteile derselben für größer als die Vorteile, namentlich wies er nach, daß der Wärmeverbrauch der Wasserkühlung ein sehr hoher sei. Trotzdem fand dieselbe in der Praxis immer mehr Anwendung.

Fig. 48.

Bei dem großen Hochofen zu Barrow war das Gestell 1866 ringsum durch gußeiserne Tröge gekühlt, außerdem durch freihängende Röhren mit feinen Öffnungen, die gegen die Gestellwand spritzten. Zu Eston- und Ormesby-Works war unten ringsum ein aus drei Segmenten bestehender Ring von gußeisernen Kasten (water-blocks),

Digitized by Google

in welche das Kühlwasser der Formen flofs (Fig. 49 u. 50). Zur Kühlung der Gestellwände um die Form waren flache, eiserne Kasten terrassenförmig übereinander mehrere Zoll in das Gestell eingelassen. Neben der Tümpelkühlung hatte man auch eine Wallsteinkühlung [1]) durch Platten oder Kasten.

Fig. 49.

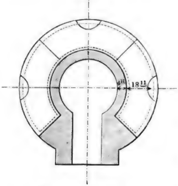
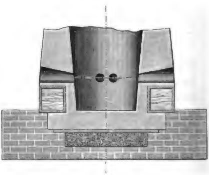


Fig. 50.



In Deutschland bildeten sich ebenfalls die beiden Systeme der Wasserkühlung, die durch Cirkulation in Kasten und die durch Berieselung, aus. Für die Cirkulationskühlung nahm man sowohl gufseiserne Platten mit eingegossenen schmiedeeisernen Röhren, als Gufseisen- oder Blechkasten. Anfangs wendete man die Wasserkühlung der Steinwände erst an, wenn dieselben so weit durchgebrannt waren, dafs es zu ihrer Erhaltung notwendig erschien, später aber baute man gleich die Wasserkühlung mit ein, um das Wegschmelzen der Gestellsteine überhaupt möglichst zu verhindern. Langen bediente sich auf der Friedrich Wilhelmshütte bei Siegburg offener Kasten, die frei ausliefen, doch so, dafs das Wasser nicht mit dem Mauerwerk in Berührung kam. Auf der Charlottenhütte bei Niederschelden im Siegenischen hatte man geschlossene Ringkasten aus Segmenten von Kesselblech. Dieses System wurde dann in noch ausgedehnterem Mafse auf der Rolandshütte bei Siegen in Anwendung gebracht, deren Hochofen auch eine freistehende Rast hatte (1868).

Auf der Georgsmarienhütte bei Osnabrück umgab man 1867 die Rast mit wassergekühlten Gasröhren und einem Blechmantel.

Die direkte Berieselung griff das Mauerwerk an, weshalb man Bleche oder offene Blechkasten davorssetzte. So verfuhr man auf der Köln-Müsener Hütte bei Kreuzthal.

[1]) Siehe Wedding a. a. O. II, Fig. 422.

Digitized by Google

In den Vereinigten Staaten kühlte man die Gestelle durch Kühlkasten vom Boden bis zu den Formen.

Den oberen Teil des Hochofens, den Schacht, machte man in England in der Regel tonnenförmig, wie aus den oben mitgeteilten Profilen zu ersehen ist; auf dem Kontinent blieb dagegen die konische Form vorherrschend.

Über Rastwinkel und Gichtweite hat Ledebur 1868 Mitteilungen gemacht, auf die wir verweisen [1]). Im allgemeinen liefs man Rast und Schacht allmählich ineinander übergehen.

Stahlschmidt [2]), der ebenfalls eine Normalschachtform erfinden wollte, glaubte eine wesentliche Verbesserung der Eisenhochöfen dadurch zu erzielen, dafs er den Schachtwänden nur eine geringe Neigung gegen die Vertikalachse gab, dagegen den Ofen in der Gegend des Kohlensacks plötzlich erweiterte, so dafs der Schacht eine Gestalt erhielt, wie sie sich bei den alten schmalkaldischen Blauöfen (s. Bd. II, Fig. 58, 59) fand. Dadurch sollte ein gleichmäfsigerer Niedergang der Gichten bewirkt und der sogenannte träge Mantel beseitigt werden. Zur Ausführung ist der Vorschlag nicht gekommen.

A. Slate erhielt am 14. August 1858 Patent auf einen Hochofen, bei dem der Brennstoff getrennt von dem Erz durch einen Cylinder aufgegeben wurde, der ziemlich tief unter der Gicht mündete, damit derselbe erst zur Verbrennung kommen kann, wann er auch wirksam wird.

Dilla baute 1860 auf der Königshütte in Oberschlesien den Kernschacht treppenförmig, mit der Absicht, an den Wänden die aufsteigenden Gase zurückzuhalten und nach dem Inneren zu lenken.

Unter den vielen sonstigen angeblichen Verbesserungen der Hochöfen erwähnen wir noch den Separatorofen von de Bergue mit umgekehrter Flamme, bei dem Brennmaterial und Erz in getrennten Räumen aufgegeben werden, und das Brennmaterial nur in vergastem Zustande wirken sollte. Ähnliche Vorschläge wurden mehrfach in England patentiert, jedoch ohne allen Erfolg. Auch Lürmann brachte 1870 einen Gashochofen in Vorschlag [3]).

Von gröfserem Wert war Büttchenbachs Hochofenkonstruktion, deren wichtigste Eigentümlichkeit darin bestand, dafs das Mauerwerk des Schachtes nur aus dem feuerfesten Kernschacht bestand, indem

---

[1]) Siehe Berg- und Hüttenm. Ztg. 1868, S. 133.

[2]) Siehe J. H. Stahlschmidt, Darstellung des Eisenhochofenprozesses in Zahl und Bild, verwendet zur Begründung besserer Ofenprofile. 1864.

[3]) Dinglers Polyt. Journ. 195, S. 254.

Digitized by Google

sogar der Blechmantel weggelassen war. Die Dicke der Schachtwand betrug 0,60 m. Rast und Gestell waren mit Wasserkühlung versehen. Eine weitere Eigentümlichkeit bestand darin, daß die Gasableitungsrohre gleichzeitig die Träger für die Gichtbrücke bildeten. Fig. 11 und 12 stellen den Hochofen Büttchenbachs, von den Zeichnungen und ein Modell 1867 in Paris ausgestellt waren, dar. Die beiden ersten Öfen wurden 1865 und 1866 bei Neuß von dem Erfinder erbaut. 1865 bereits baute Lohmann auf der Ilseder Hütte einen Ofen nach dieser Konstruktion, dessen ganz schwaches Rauhmauerwerk durch eiserne Bänder zusammengehalten war[1]. 1869 waren Öfen nach Büttchenbachs Konstruktion in Anzin und Givors in Frankreich, in Gleiwitz und Königshütte in Oberschlesien und an anderen Plätzen erbaut worden. Ihre Herstellung war verhältnismäßig nicht teuer, indem ein großer Hochofen dieser Art mit Röhrenleitung und Gichtbrücke 150 000 Mark kostete.

Fig. 11.

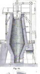


Fig. 12.

[1] Abgebildet Stahl und Eisen 1898, S. 843, Fig. 6.

Digitized by Google

Die wichtigste und erfolgreichste Verbesserung, welche in dieser Periode aber an den Hochöfen angebracht wurde, war Lürmanns Schlackenform, welche eine tiefeingreifende Umänderung der Ofenzustellung zur Folge hatte. Sie führte zur Beseitigung des Vorherds und zur geschlossenen Brust.

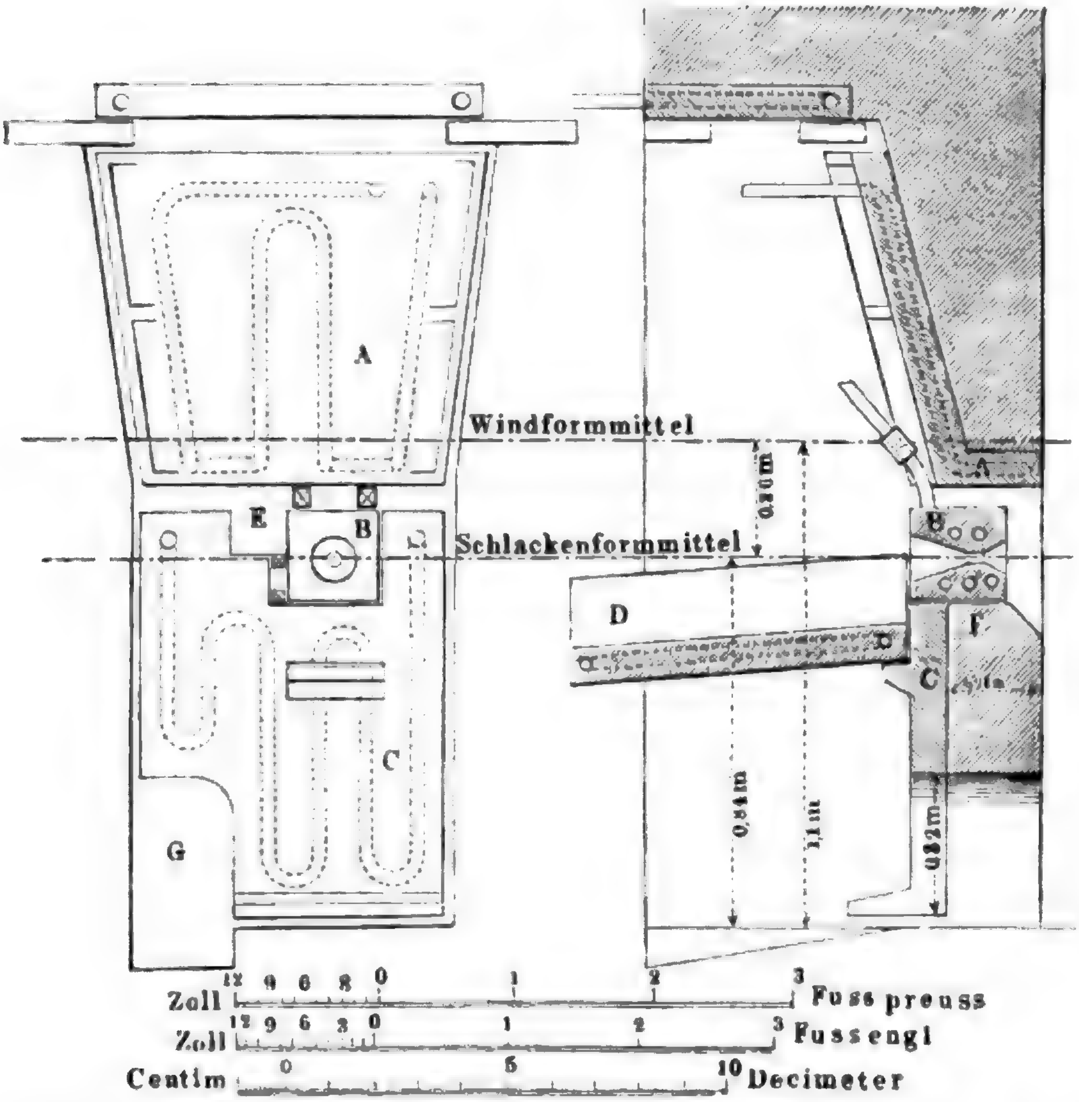
Die Vorteile der geschlossenen Brust waren in Fachkreisen längst anerkannt. P. Tunner hatte seit vielen Jahren wiederholt auf die grofsen Vorzüge dieser Konstruktion hingewiesen. Ob die ältesten Hochöfen eine solche Zustellung hatten, läfst sich mit Bestimmtheit nicht nachweisen, es ist aber in hohem Grade wahrscheinlich, weil die Hochöfen aus den Stücköfen hervorgegangen sind, welche die geschlossene Brust hatten. Es scheint fast, als ob nur die Bequemlichkeit, flüssiges Eisen aus dem Ofen zum Zweck des Vorgiefsens schöpfen zu können, zu der Anbringung des Vorherdes geführt hätte. Allerdings geschah dies im Rheingebiet schon so früh, dafs die ältesten Hochöfen, von denen wir Kenntnis haben, schon in dieser Weise zugestellt waren. Die Abkühlung des Hochofens durch den Vorherd, das häufige Aufbrechen und Reinigen desselben und die fortwährenden Reparaturen, die daraus entsprangen, waren Nachteile, die man wohl empfand. Man nahm sie aber als etwas Notwendiges, Unabänderliches hin und hielt eine andere Ofenzustellung unter den gegebenen Verhältnissen für ganz unmöglich. Namentlich hielt man da, wo man mit Koks geringere Erze verschmolz, das häufige Reinigen des Gestells für die wichtigste, notwendigste Arbeit, obgleich sich gerade hier die grofsen Nachteile der starken Abkühlung beim Aufbrechen und Reinigen des Herdes mit Brechstangen und Haken am meisten fühlbar machten. Aus der Gewohnheit war, wie so oft, der Aberglaube entstanden, dafs es so sein müsse. Diesen Aberglauben zerstört und eine rationellere Ofenzustellung herbeigeführt zu haben, ist das grofse Verdienst Lürmanns. Die Mittel, welche er dazu anwendete, waren sehr einfach. Er brachte auf der Brustseite unmittelbar unter dem Tümpel eine Wasserform an, die er etwas tiefer legte als die übrigen Formen und die er zugleich zum Abzapfen der Schlacken benutzte, weshalb er sie als Schlackenform bezeichnete. Anfangs hatte er nur eine durch eingegossene Röhren gekühlte gufseiserne Platte, die mit einer Öffnung versehen war, benutzt. Aber die Wasserkühlung war hierbei ungenügend gewesen und das Abstichloch hatte sich rasch ausgefressen und erweitert. Die Benutzung einer Wasserform war die glückliche Lösung des Problems.

Fritz W. Lürmann war damals Betriebsleiter der Hochöfen der

Digitized by Google

Georg-Marienhütte bei Osnabrück. Er begann seine Versuche im Jahre 1866. Am 20. Februar 1867 wendete er zum erstenmal die Schlackenform an, die er in dem alten Vorherde anbrachte, indem er diesen mit Lehm zustampfte. Der Hochofen IV ging mit der neuen Zustellung und der Schlackenform mit gutem Erfolg vom 20. Februar bis zum 20. April 1867. Trotz des Widerstandes der Schmelzmeister, welche fürchteten, dafs sie durch die neue Erfindung an Wichtigkeit

Fig. 53.



einbüfsen würden, weil ihre Hauptarbeit, das Aufbrechen des Vorherds und Reinigen des Gestelles, die sie als die wichtigste Arbeit beim Hochofen anzusehen gewohnt waren, dadurch in Wegfall kam, wurde auf Lürmanns Veranlassung im Sommer 1867 der Hochofen Nr. II in vollkommenster Weise mit geschlossener Brust, mit vier gleichmäfsig verteilten Windformen und einer Schlackenform (Fig. 53) zugestellt und am 1. Oktober 1867 angeblasen, was natürlich ohne das seither gebräuchliche Rostschlagen geschehen mufste. Die neue Erfindung bewährte sich glänzend; der Ofen hatte im Jahr 1868 eine

Digitized by Google

Produktion von 70000 bis 100000 Pfund Roheisen in 24 Stunden und machte eine Hüttenreise von 12 Jahren. Ein Patent, um das Lürmann im März 1867 nachgesucht hatte, wurde ihm nach den damals in Preufsen herrschenden Grundsätzen nicht erteilt, weil an der angegebenen Vorrichtung etwas Patentfähiges nicht zu finden sei, indem niemand behindert werden könne, das bekannte Prinzip der Wasserkühlung auf irgend einen Teil des Ofens anzuwenden. Dies war der damalige Standpunkt der preufsischen Regierung gegenüber den Erfindern! Hatte diese doch aus ähnlichen Gründen dem Bessemerprozefs, einer der gröfsten Erfindungen dieses Jahrhunderts, die Patentfähigkeit verweigert. In allen übrigen Kulturstaaten wurde dagegen Lürmanns Erfindung patentiert. In Amerika fand dieselbe rasch Eingang, so dafs bereits 1867 mehrere Hochöfen der Vereinigten Staaten mit Lürmanns Schlackenform versehen wurden; so beispielsweise an dem Lehigh Crane Eisenwerk zu Catasaqua in Pennsylvanien, wo sie sich sehr gut bewährte. Auch der preufsische Staat sah sich in seiner Eigenschaft als Eisenindustrieller veranlafst, der Lürmannschen Erfindung besondere Beachtung zuzuwenden. Es wurde eine königliche Kommission ernannt, welche die Vorteile der Lürmannschen Schlackenform auf der Königshütte in Oberschlesien prüfte und in ihrem Gutachten vom 19. Dezember 1868 dieselben anerkannte. Infolgedessen wurde sie alsbald auf verschiedenen königlichen und privaten Eisenhüttenwerken eingeführt und überall traten Kohlenersparung, gleichmäfsigerer Ofengang und erhöhte Produktion ein. Sie gestattete eine stärkere Windpressung, da man nicht mehr befürchten mufste, dafs durch dieselbe der Vorherd durchbrach, wie dies früher oft geschehen war. Weitere Vorteile bestanden darin, dafs die Schlacke nur bis zu einem gewissen Punkt stieg, dafs die Betriebsunterbrechungen durch das Aufbrechen vermieden wurden, dafs keine Abkühlung durch Abstellen des Windes stattfand. Durch das Wegfallen des Wallsteins war der Abstich leichter, da das Stichloch viel näher der Ofenmitte lag, die Arbeit wurde vermindert, der Ofen weniger angegriffen, infolgedessen längere Kampagnen möglich waren.

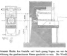
Die Einrichtung der Lürmannschen Schlackenform und der damit verbundenen abgeänderten Ofenzustellung ist in Fig. 53 dargestellt. Das Bild zeigt die Umwandlung des Vorherdes. Der Wallstein ist beseitigt, statt dessen ist unter dem Tümpeleisen A eine starke, mit Wasser gekühlte Verschlufsplatte C, an welcher sich das Eisenabstichloch G befindet, aufgestellt.

Digitized by Google

Diese Platte, welche nach der Innenseite des Ofens durch feuerfeste Steine, F, geschützt ist, hat einen Ausschnitt E, in welche die Schlackenform B eingesetzt wird. D ist der ebenfalls mit Wasser gekühlte Schlackenlauf.

Fig. 34 stellt die Einrichtung der Lürmann'schen Schlackenform bei einem neu zugestellten Ofen dar. Die Form muss nahe der

Fig. 34.



äusseren Kante des Gestells und hoch genug liegen, um vor der Berührung des geschmolzenen Eisens geschützt zu sein. Die Windformen sollen mindestens 20 cm über der Schlackenöffnung liegen, damit das flüssige Eisen im Ofen durch eine genügend dicke Schlackendecke geschützt ist[1].

Die Windzuführung bei den Hochöfen fand meist noch in der Weise statt, daß die Formen um das Gestell gleichmäßig verteilt wurden, wobei aber die Brustseite frei blieb. In Südwales hatte man aber auch bereits eine Tümpelform eingeführt. Diese wurde anfangs nur im Nothfalle benutzt, wenn sich Versetzungen auf der Vorderseite des Ofens bildeten. Später ließ man diese Tümpelform, die etwas höher lag als die übrigen Windformen, ständig mitblasen. Das hatte aber den Nachteil, daß der Tümpel rascher zerstört wurde, weil sich

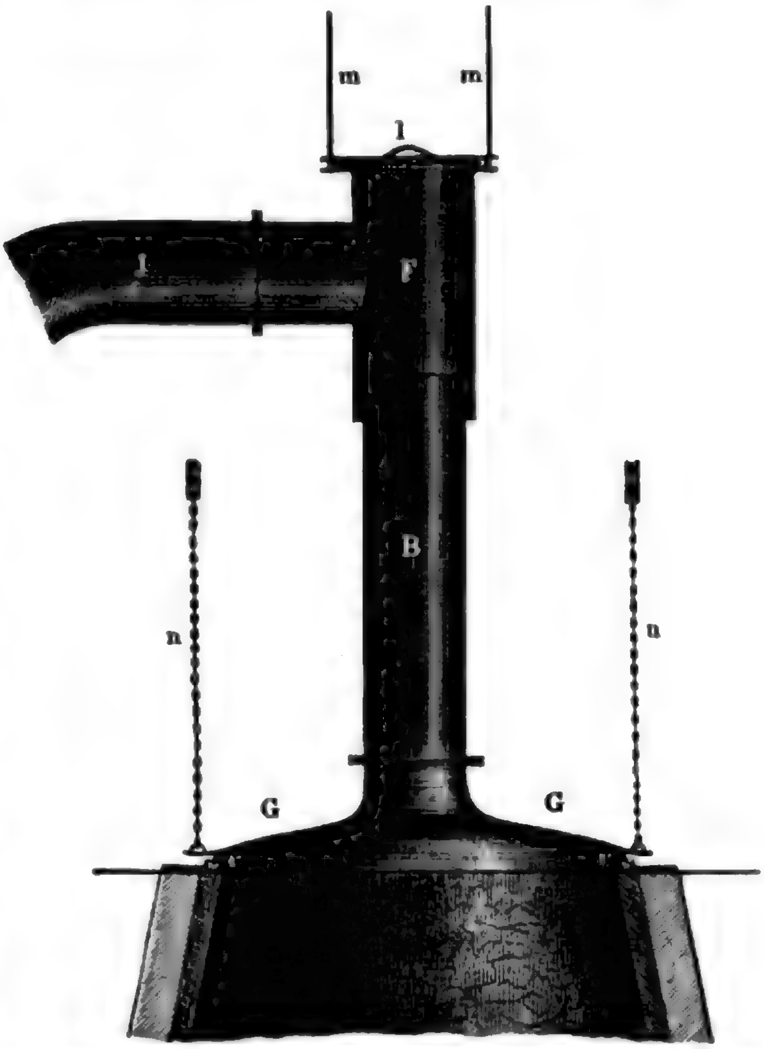
[1] Vergl. Wedding, a. a. O. II. 489; Eisen und Stahl 1891, S. 115; Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1867, S. 394 und 1868, S. 4.

Digitized by Google

die Hitze zu sehr nach vorn zog, man warf sie deshalb im Laufe der sechziger Jahre vielfach wieder ab oder verwendete sie, wie früher, nur im Notfall. Die Lürmannsche Schlackenform lag unter dem Tümpel, etwas tiefer als die übrigen Windformen.

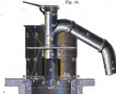
Von immer gröſserer Bedeutung wurde die Gasabführung bei den Hochöfen, welche auf deren Konstruktion, namentlich auf die des oberen Teiles des Schachtes nicht ohne Einfluſs blieb. Der Gasfang wurde ganz allgemein ein wichtiger Zubehör des Hochofens, der auch in England bei allen neuerbauten Öfen zur Anwendung kam. Eine Ausnahme machten noch die schottischen Hochöfen und diejenigen in Cumberland, die auf Bessemer-Hämatitroheisen gingen. Am verbreitetsten war die einfache und zweckmäſsige Konstruktion Parrys (cup and cone), besonders in Südwales und bei den neuen Hochöfen im Clevelanddistrikt. Neben dieser wurden aber eine groſse Anzahl neuerfundener Gichtgasfänge patentiert und versucht. Parrys Trichter hatte allerdings den Nachteil, daſs er die Gicht gänzlich dem Blick entzog, so daſs man das Aufgeben der Beschickung nicht kontrollieren konnte; die Aufgabe erfolgte auſserdem wie auch die Gasableitung nur am Rande des Ofens. Die meisten Konstruktionen erstrebten, ein besseres Aufgeben mit vollständigerer Gasableitung zu verbinden. In sehr einfacher Weise erreichte dies Turley 1860 mit seinem Gichthut (Fig. 55). Der gewölbte Deckel *G* hatte in der Mitte das Gasableitungsrohr *B*, welches sich teleskopisch in dem feststehenden Gasrohr *F* bewegte. Dieser Gichtfang hatte den Nachteil, daſs während des Aufgichtens viel Gas entwich. Besser war in dieser Hinsicht schon

Fig. 55.



die Konstruktion von v. Hoff in Hörde vom Jahre 1861, Fig. 56, bei welcher die Ableitung der Gase in ganz ähnlicher Weise durch ein Centralrohr, das Aufgeben der Beschickung aber durch vier Klappen, *JJ*, erfolgte.

Fig. 56.



Besser noch bewährte sich der von E. Langen auf der Friedrich-Wilhelmshütte bei Siegburg 1861 eingeführte und in demselben Jahre patentierte Glockenapparat, der in Fig. 57 abgebildet ist. Hierbei sind die

Fig. 57.

Aufgabenklappen durch eine bewegliche Glocke *G G*, deren oberer Rand in einen ringförmigen Wasserverschlufs, der an dem Gasableitungsrohr *C* angenietet ist, eintaucht, luftdicht verschlossen. Die Beschickung des Ofens erfolgt in der Weise, dafs die ganze Charge bei geschlossenem

Digitized by Google

Ofen in den ringförmigen Trichter PP gefüllt wird. Ist dies geschehen, so wird die Glocke GG mittels des Haspels N und des doppelarmigen Hebels JJ in die Höhe gezogen, wodurch die ganze Füllung in den Ofen rutscht. Hierdurch nimmt das Chargieren, beziehungsweise das Öffnen des Gasfangs nur sehr wenig Zeit in Anspruch und der Gasverlust ist unbedeutend. Langens Langens-Gichtgasfang hat rasch große Verbreitung gefunden, wobei er nach den örtlichen Verhältnissen mancherlei Abänderungen erfuhr[1]. Er erfüllte die von Langen gestellten Bedingungen, daß er 1. das Beschicken nicht behinderte, 2. die Gase nicht innerhalb des Ofenraumes von den Ofenwänden mehr abzog, 3. sie vollkommen abfing und 4. daß der Apparat einfach und leicht zu behandeln war[2]. Langens Gasfang bewirkte sowohl im Rheinland (Hochdahl) wie in Oberschlesien regelmäßigeren Gichtengang und Koksersparnis.

Außerdem erfanden in diesem Zeitraum noch neue Gichtgasfänge: Th. Ebeling zu Zorge am Harz (1861)[3], v. Hoff zu Hörde (1863), der sich als eine Kombination des Trichter- und Glockenapparates darstellt[4], und Wintzer auf der Georg-Marienhütte bei Osnabrück.

In Frankreich sind die Gasfänge von Pion[5], eine Modifikation des Apparates von Coingt und die von Escalle, von Minary, von Chaddefaud und von Neuville zu nennen.

Fig. 56.

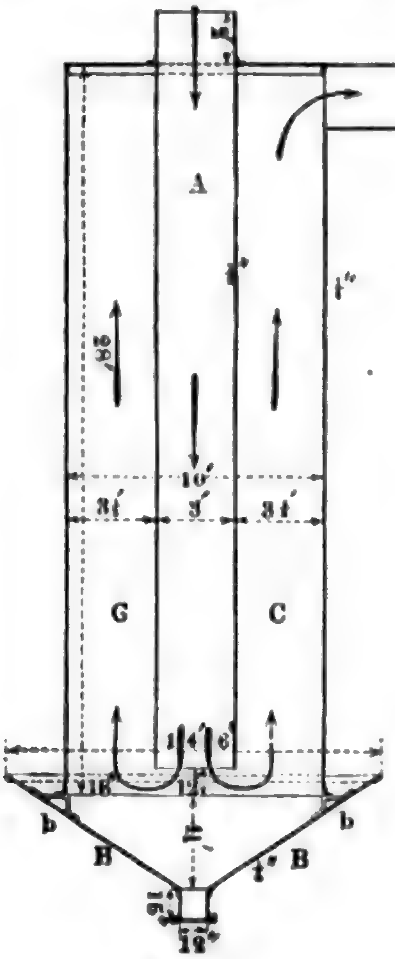
In England verbesserte Ch. Cochrane 1860 den Parryschen Trichter[6]) auf dem Ormesby-Eisenwerk bei Middlesborough, E. Loyd in Wednesbury den Apparat von Darby, während J. T. Smiths Gasfang zu Yarrow (patentiert 21. Oktober 1861) mit dem von Coingt verwandt ist.

Mancherlei Verbesserungen wurden für die Reinigung der Gase, die besonders da, wo man dieselben zur Heizung von Regeneratoren verwendete, von größter Wichtigkeit war, erfunden. Eine solche war der sogenannte S-Apparat (Fig. 56), wegen

[1] Vergl. Wedding, Eisenhüttenkunde II, S. 948.
[2] Siehe Zeitschrift des Ver. deutsch. Ing. VII, S. 425.
[3] Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1864, Nr. 11.
[4] Vergl. v. Hoffs Aufsätze in der Zeitschrift d. Ver. deutsch. Ingen. 1863, S. 457 und 1864, S. 333.
[5] Siehe Bulletin de la soc. de l'industr. min. IX, 1. 1864.
[6] Siehe Mechanic's Magazine 1860, Nr. 3; Berg- und Hüttenmän. Ztg. 1861, S. 457 und Zeitschrift d. Ver. deutsch. Ingen. XIV, S. 555.

seiner Ähnlichkeit mit dem Buchstaben 𝔖 (grofsem deutschen 𝔖 oder dem griechischen σ) so genannt, der in Lothringen aufgekommen war. weshalb er auch als lothringischer Waschkasten bezeichnet wurde. Fig. 59 stellt eine von Langen konstruierte Waschvorrichtung dar, welche unter anderen für die grofsen Kokshochöfen der Laurahütte in Anwendung kam. Die Gase, die durch das Zuleitungsrohr *A* eintreten, müssen durch das in der Schale *B* befindliche Wasser streichen, ehe sie durch *CC* entweichen können.

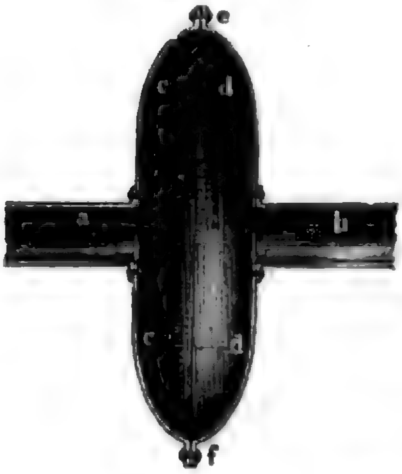
Fig. 59.



In Frankreich hatte Gillot den Vorschlag gemacht, die Hochofengase mittels eines Exhaustors in einen Gasometer zu schaffen und sie aus diesem nach Bedarf zu entnehmen.

Die hohe Temperatur machte in den Windleitungen wie in den Gasleitungen, die grofser Ausdehnung und Zusammenziehung unterworfen waren, Ausweichstücke, sogenannte Kompensationen nötig, die zuerst in England aufkamen. Fig. 60 zeigt eine Scheibenkompensation, wobei die tellerförmigen Blechdeckel *cc* und *dd* nachgeben können.

Fig. 60.



Von den Gichtaufzügen bewährten sich in England am meisten die pneumatischen und die hydraulischen in Verbindung mit Armstrongs Regulator. In Frankreich konstruierte Le Boeuf 1868 einen solchen.

Die Gichttürme baute man in England nur aus schmiedeeisernem Gitterwerk, so dafs sie aus der Ferne wie Spinnwebe aussahen.

Wenden wir uns zu dem Betriebe der Hochöfen, so finden wir, dafs die Holzkohlenöfen nicht nur relativ, sondern auch absolut mehr und mehr verdrängt wurden. In Grofsbritannien gab es 1865 nur noch vier Holzkohlenhochöfen. Der Steinkohlenbetrieb hatte längst die Herrschaft erlangt. Hierbei gewann in England und Amerika der Betrieb mit roher Steinkohle gegenüber dem Koksbetrieb immer mehr

Digitized by Google

an Umfang. In Schottland wendete man nur rohe Kohle an, in Südwales wurden die Hochöfen des östlichen Teiles (Pontypool) mit Koks, die des mittleren Teiles (Cwm-Celyn, Ebbw-Vale, Rhymney) mit einem Gemisch von roher Kohle und Koks, im westlichen Teile (Dowlais) ausschliefslich mit roher Kohle betrieben. Der westliche Teil war das Anthrazitgebiet.

In Südstaffordshire nahm die Verwendung der rohen Kohle in den sechziger Jahren ebenfalls mehr und mehr zu, so dafs gegen Ende derselben die Mehrzahl der Hochöfen mit roher Kohle schmolzen.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika herrschte der Anthrazitbetrieb vor.

Auf dem europäischen Kontinent trat der Hochofenbetrieb mit roher Steinkohle dagegen sehr zurück. In Deutschland hatte man in Oberschlesien im Anfang der sechziger Jahre[1]) und 1868 und 1870 von neuem auf mehreren Hütten die Verwendung roher Steinkohle versucht, gelangte aber nicht zu befriedigenden Ergebnissen. Nur bis zu einem Sechstel konnte man rohe Kohlen ohne merklichen Nachteil zusetzen.

Auf einer kleinen Hütte im Sallathal betrieb man 1866 einen Hochofen mit Lignitkohle. Auch in Steiermark hatte man damit Versuche gemacht, die nicht ungünstig ausgefallen waren.

Zu Achthal in Bayern fand 1862 ein gemischter Betrieb mit Holzkohle und lufttrockenem Torf statt[2]). Zu Alexishütte bei Lingen in Hannover schmolz man 1862 mit 47 Proz. Holzkohlen und 55 Proz. Torf. Der Dörrofen daselbst war aus Gufseisen und hatte eine eiförmige Gestalt; oben war er offen. Das Dörren geschah durch heifsen Wind, der mittelst eines Ventilators durchgeblasen wurde.

Trockenes Holz verwendete man zu Rhonitz mit Erfolg. 1866 gingen dort die beiden Hochöfen nur mit gedörrtem Holz. Bergrat Moschitz, der den Betrieb leitete und viele Verbesserungen eingeführt hatte, war der Ansicht, dafs man in einem Hochofen von mindestens 1200 Kubikfufs Inhalt, in dem die Schichten mehr wie 10 Stunden verweilen, bis sie vor die Formen kommen, immer mit Vorteil rohes Brennmaterial verwenden könne.

Zu Underwiller in der Schweiz setzte man den Betrieb mit Torfkohle fort[3]). In Norddeutschland verwendete man Torfkohlen in den Hochöfen zu Gravenhorst, Alexishütte und Meppen.

---

[1]) Siehe A. Erbreich, Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preufs. Staat, 1863, S. 301.

[2]) Siehe Österreich. Jahrbuch für B.- u. H.-W., XI (1862), S. 45.

[3]) Siehe Hartmann, Fortschritte des Eisenhüttenw. 1862, Nr. 18, 19, 21.

Digitized by Google

Zur Aufbereitung des Torfes, namentlich zum Zerreifsen, wendete man vielfach Maschinen an. Das Pressen geschah in den Torfpressen von Schlickeysen[1]) oder nach der Methode von Exter in München. In England war eine grofsartige Torfaufbereitung zu Derrylea bei Portarlington[2]). In Staffordshire wurden 1863 zwei Hochöfen mit komprimiertem Torf betrieben, der nach einem besonderen Verfahren von Versmann präpariert war. 1869 wandte man auf dem ärarischen Werke zu Reichenau in Österreich Torfkoks mit Holzkohle gemischt an. Die Torfverkokung fand zu Staltach in Bayern und zu Josephsthal in Böhmen in geschlossenen Öfen statt. Zu Lingen geschah das Verkoken in den kegelförmigen Öfen von Jüngst. Ferner hatten Gräser, Walland und Libert verbesserte Torfverkokungsmethoden angegeben, von denen aber Kindinger in seiner Kritik des Torfbetriebes (1867) nicht viel hält, wie er überhaupt zu dem Schlufs kommt, dafs ein vorteilhafter Hochofenbetrieb mit Torf nicht erreicht und nicht wahrscheinlich sei.

Einen teilweise mit Gas betriebenen Hochofen brachte Schinz in Vorschlag. Er bezeichnete denselben als Hochofen mit partieller Elimination des Stickstoffs. Er glühte in Muffeln Kalkstein mit Kohlenklein. Die Kohlensäure des Kalkes wurde in Berührung mit der glühenden Kohle zu Kohlenoxydgas reduziert. Dieses nicht mit Stickstoff vermischte Kohlenoxydgas sammelte er in einem Gasometer. Aus diesem wurde es von der Gebläsemaschine angesaugt und mit atmosphärischer Luft vermischt in den Ofen geblasen, der die Konstruktion eines Raschetteofens hatte[3]).

L. Rinman und B. Fernqvist in Schweden lieferten eine vortreffliche Arbeit über die Zusammensetzung, Pressung und Temperatur der Hochofengase von Hammarby, Fassjö und Hafselfors[4]).

Das Anblasen der Hochöfen[5]) geschah Anfang der sechziger Jahre noch in der umständlichen, zeitraubenden und kostspieligen Weise, wie es sich bei den Kokshochöfen in Belgien und Frankreich ausgebildet hatte und von Deutschland als feststehende Überlieferung übernommen worden war. Das ganze Verfahren mit dem häufigen Rostschlagen u. s. w.

---

[1]) Dieselbe ist abgebildet in Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1867, S. 195, und Kerpely, Jahrbuch 1867, S. 43.

[2]) Siehe Kerpely, Jahrbuch 1866, S. 41.

[3]) Siehe Schinz, Dokumente betr. den Hochofen.

[4]) Undersökningar rörande Masugnsgasernas kemiska sammansättning, pression och temperatur m. m. af L. Rinman och B. Fernqvist. Siehe Wedding II, 1868, S. 223, 243.

[5]) Siehe Jannoyers Aufsatz darüber in Bullet. de la soc. de l'industr. min. VI, S. 771; Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1862, S. 234.

Digitized by Google

wurde als etwas Feststehendes, Unabänderliches angesehen und als Zunftgeheimnis mit ehrfurchtsvoller Scheu betrachtet. Im Laufe dieser Periode brach man aber mit der Tradition. 1862 erzielte Dufournet eine grofse Beschleunigung des Anwärmens dadurch, dafs er Windöffnungen am Boden des Ofens anbrachte. Hierdurch erreichte er schon in 10 Stunden eine solche Hitze, dafs die Formen eingelegt werden konnten. Von dem 31. Abstich an war der Ofen in normalem Gange, was sonst erst nach dem 100. Abstich erfolgt war. Dafs ein so beschleunigtes Anwärmen eine beträchtliche Kohlen- und Zeitersparnis zur Folge hatte, liegt auf der Hand.

In England begann Parry zu Ebbw-Vale 1863 die Zeit des Anblasens bedeutend abzukürzen, indem er den Ofen erst mit Holz, dann mit Koks bis zur halben Höhe füllte, Erze aufgab und anzündete. Es wurde dann regelmäfsig weiter aufgegichtet und der Wind angelassen, sobald die Erze in das Gestell einrückten.

1867 wärmte Direktor Blauel einen Hochofen im Harz mit 5 Ctr. Holzkohlen und 98 Ctr. Koks in 12 Stunden bis zum Anblasen ab.

Wo die Lürmannsche Schlackenform und die Zustellung mit geschlossener Brust eingeführt wurde, mufste das Rostschlagen in Wegfall kommen. Im Herbst 1867 wurde ein so zugestellter Hochofen der Georg-Marienhütte zum erstenmal ohne Rostschlagen abgewärmt. Dieses geschah zunächst durch einen vorgebauten Flammofen, dann wurde Holzfeuer in das Gestell gebracht und hierauf Koks mit dem notwendigen Kalkzuschlag gefüllt. Vom 26. bis 28. September wurden 429 Ctr. Koks aufgegeben. Am 28. September füllte man weiter mit Koks und Möller und zwar begann man mit 100 Pfund Möller auf 100 Pfund Koks und stieg von 5 zu 5 Sätzen mit dem Erzsatz bis auf 173 Pfund. Am 1. Oktober, abends 7 Uhr, war der Ofen voll und wurde mit dem Blasen begonnen. Am 2. Oktober erfolgte der erste Abstich und am 4. Oktober gab man schon den vollen Erzsatz. Die Zeit vom Anzünden des Feuers bis zum vollen Betrieb hatte also nur 9 Tage in Anspruch genommen. — Anfang September 1868 wurde auf der Main-Weserhütte bei Lollar ein Ofen mit geschlossener Brust von G. Buderus in derselben Weise in $3^1/_2$ Tagen in Betrieb gesetzt. Ähnliches geschah zu Hörde, zu Aplerbeck u. s. w. Es kann dies als ein weiterer Vorteil der Erfindung Lürmanns angesehen werden.

Das raschere Anwärmen der Hochöfen war zum Teil auch durch die allgemein gewordene Zustellung mit künstlichen Steinen, welche nicht so leicht zersprangen als die natürlichen, möglich geworden.

Digitized by Google

Den Kohlenverbrauch im Hochofen suchte J. Lowthian Bell theoretisch festzustellen, indem er die Summe der Wärmeeinheiten, welche die einzelnen Vorgänge im Hochofen erfordern, ermittelte und diese durch die Wärmeeinheiten, welche das Einheitsgewicht des Brennstoffes entwickelte, dividierte. P. Tunner, der L. Bells Schrift übersetzt hat, giebt in seinem Bericht über die Eisenindustrie Rufslands folgendes Beispiel: Es wird eine Gattierung von 30 Prozent Eisengehalt und 60 Prozent Kalkzuschlag angenommen. Der Windbedarf pro Tonne Roheisen beträgt:

		Kalorien-Ctr.
1.	Reduktion des Eisenoxydes	30 058
2.	Schmelzung von 20 Ctr. Eisen	6 600
3.	Schmelzung von 60 Ctr. Schlacke	31 000
4.	Zersetzung des Wassers, der Luft ca..	5 500
5.	Austreibung der Kohlensäure aus dem Kalkstein .	26 270
6.	Erwärmung des Kühlwassers der Formen ca. . .	5 000
7.	Wärmeabgabe an den äufseren Seiten des Ofens ca.	11 000
8.	Zerlegung der Kohlensäure erzeugt bei der Reduktion	7 950
9.	Abgang durch die Gichtgase ca.	57 000
10.	Zerlegung der Kohlensäure aus dem Kalkstein . .	107 000
	Zusammen	287 378 K.-C.

Da nach englischen Erfahrungen 1 Ctr. Koks im Hochofen 3135 bis 3713 Kaloriencentner entwickelt, so würden 100 Ctr. Roheisen obiger Gattierung 410 Ctr. Koks erfordern.

Betrachten wir den Hochofenbetrieb in Bezug auf seine Produkte, so ging in England jeder Hochofen ausschliefslich auf eine bestimmte Eisensorte, ja ganze Distrikte lieferten nur eine bestimmte Roheisensorte. Auf dem Kontinent war dies weit weniger der Fall und namentlich in Deutschland verlangte man von einem Ofen wo möglich jede beliebige Roheisensorte, die von den Abnehmern bestellt wurde. Dies lag daran, dafs in Deutschland die Hütten ihre Eisenerze meistens kiefen und ihnen eine grofse Auswahl verschiedener Erze zur Verfügung stand. In England waren ausgedehnte Eisenerzlager mit den Kohlenflözen verbunden oder in nächster Nähe vorhanden. In Deutschland war das nicht der Fall. Infolgedessen arbeiteten die englischen Hochöfen ökonomischer, aber auch einseitiger, schablonenmäfsiger. Die schwierigeren Verhältnisse in Deutschland stellten viel gröfsere Anforderungen an die Intelligenz der Betriebsleiter. Während dies in England meist nur Werkführer (managers) von empirischem Wissen waren, hatten die deutschen Betriebsbeamten eine wissen-

Digitized by Google

schaftliche akademische Bildung, die sie befähigte, auf theoretischem Wege alle gestellten Aufgaben zu lösen. Diese bessere wissenschaftliche Vorbildung der deutschen Eisenhüttenmänner hat einen sehr segensreichen Einflufs auf die Entwickelung der Eisenindustrie in Deutschland geübt und am meisten dazu beigetragen, dafs Deutschland in dem scharfen Wettbewerbe der Industrievölker die hervorragende Stufe erklomm, die es jetzt einnimmt.

Die Beschickung der Hochöfen war in Deutschland sehr verschiedenartig und wechselnd. Sie erfolgte aber in den sechziger Jahren schon auf fast allen Eisenhütten nach stöchiometrischen Principien auf Grund chemischer Analysen der Erze und Zuschläge. Diese stöchiometrischen Grundsätze, welche auf der richtigen Zusammensetzung der Beschickung zur Erzeugung der für das gewünschte Roheisen geeignetsten Schlacke begründet waren, wurden damals von Balling, v. Mayrhofer, Lindauer und besonders von Professor W. Mrázek zu Přibram gründlich bearbeitet. Wir können auf diese Arbeiten nur verweisen. Nach Lindauer suchte man im allgemeinen Hochofenschlacken zu erzeugen, die in den Grenzen von

$$CaO\,.\,2\,SiO^3 + Al^2O^3,\,2\,SiO^3$$

und

$$CaO\,SiO^3 + Al^2O^3,\,SiO^3$$

blieben. Mrázek stellte 1869 umfangreiche Hülfstabellen für stöchiometrische Beschickungen auf, die er 1870 noch verbesserte und vereinfachte[1]).

Die grofsartige Entwickelung der Stahlindustrie, namentlich des Bessemerprozesses stellte auch an den Hochofenbetreib ganz neue Anforderungen. Das Roheisen für den Bessemerprozefs mufste grau bis schwach halbiert sein, 1,5 bis 2 Proz. Silicium und nur sehr wenig Schwefel und Phosphor enthalten. Nur wenige Erze entsprechen diesen Anforderungen, darunter am meisten die reinen Magneteisenerze Schwedens und in England die reichen Roteisensteine oder Hämatite von Cumberland.

Durch richtige Gattierung gelang es aber auch in anderen Gegenden, namentlich in Deutschland, brauchbare Roheisensorten für den Bessemerprozefs zu erzeugen. Durch manganhaltige Zuschlagerze, stark basische Beschickung und garen Ofengang war man imstande, sowohl in Rheinland und Westfalen als in Oberschlesien aus den zur Verfügung stehenden Erzen ein geeignetes Produkt darzustellen. Braunsteinhaltige Brauneisensteine, wie sie in verschiedenen Gegenden

---

[1]) Siehe Tunners Jahrbuch 1869, S. 282 und 1870, S. 375.

Digitized by Google

Deutschlands, in Cornwall, Irland u. s. w. sich fanden, wurden gesuchte Erze für diesen Zweck. In Cumberland und Lancashire blies man die besten Sorten von Bessemerroheisen mit kaltem Wind.

Eine grofse Bedeutung erlangte das Spiegeleisen, das namentlich im Siegerland seit Jahrhunderten dargestellt wurde, nachdem es allgemein als nachträglicher Zusatz beim Bessemerprozefs in Anwendung kam. Auch hierbei spielte das Mangan die wichtigste Rolle, so dafs der Wert des Spiegeleisens proportional seinem Mangangehalt wuchs. Durch starken Kalkzuschlag gelang es, mit Koks sehr manganreiches Spiegeleisen zu erzeugen. Über die Art, wie dies geschah, hat der französische Ingenieur S. Jordan 1864 eine gründliche Studie veröffentlicht[1]).

Das weifse Puddlingsroheisen wurde dagegen am vorteilhaftesten bei einem übersetzten Gange, der sich an der Grenze des Rohganges hielt, dargestellt. So geschah es namentlich in Südwales. Zu Dowlais brauchte man hierbei für 100 kg Roheisen 54 kg Koks und 108 kg Steinkohlen. Auch in Oberschlesien gelang es Fitzner 1865, dieses Verfahren einzuführen.

Die Entfernung des Schwefels geschah zum Teil durch manganhaltige Zuschläge und eine sehr basische Schlacke. Aufserdem wurde, wie schon früher, die Anwendung des Wasserdampfes im Hochofen empfohlen. Kerpely schlug 1863 vor, das Wasser in die Rast einzuleiten.

Die Entfernung des Phosphors, für das Bessemerroheisen die allerwichtigste Aufgabe, gelang trotz aller Versuche im Hochofen nicht. Bei der hohen Temperatur, die in den mit heifsem Wind betriebenen Kokshochöfen herrschte, reduzierte sich die Phosphorsäure der Erze und ging der Phosphor fast ganz in das Roheisen über. Strohmeyer wies nach, dafs das Roheisen, welches beim Schmelzen der 1,7 Proz. phosphorhaltigen Erze der Ilsederhütte fiel, 3 Proz., die dabei fallenden Schlacken nur 0,1 Proz. Phosphor enthielten. Grofse Hoffnungen setzte man eine Zeit lang auf die reinigende Wirkung des Flufsspats (Wernecke 1862) und Caron empfahl ihn 1868 als ein Mittel zur Entphosphorung, weil nach seiner Ansicht die phosphorsauren Salze in Flufsspat löslich seien[2]). Doch bewährte sich das Mittel, ganz abgesehen von seiner Kostspieligkeit, nicht. Ebensowenig wirken die Chlorverbindungen, die man gewöhnlich als Kochsalz der Beschickung zusetzte (Weniger, v. Mayrhofer) oder in das Hochofengestell ein-

[1]) Revue universelle 1864, 8ième année, livr. 6, p. 425.
[2]) Siehe Comptes rendus 1868, LXVI, p. 746.

Digitized by Google

blies[1]) (Kerpelys Versuche zu Reschitza, 1865). Nicklés hatte Eisenchlorid vorgeschlagen und Wintzer nahm 1866 ein englisches Patent zur Entphosphorung durch Einblasen von Chlorgas. Durch die Verwendung von gebranntem Kalk an Stelle von rohem wurden auch keine besonderen Vorteile erzielt.

Die Vermeidung oder die sorgfältige Aufbereitung phosphorhaltiger Erze blieb das einzige Mittel beim Hochofenprozefs, den Phosphorgehalt des Roheisens zu verringern.

Die Erzeugung von titanhaltigem Roheisen erregte eine Zeit lang, namentlich in England[2]), wo Mushets Titanstahl Aufsehen hervorgerufen hatte, das Interesse der Hochofentechniker. Zuerst waren es die titanhaltigen Magneteisensande von Neuseeland, die nach G. Hochstätter aus 88,45 Proz. Eisenoxyduloxyd und 11,43 Proc. Titansäure bestanden, auf die man grofse Hoffnungen setzte und auf deren Ausbeutung eine Aktiengesellschaft gegründet wurde. Dann fand man billigere Erze in Norwegen (Krageró). G. Crawshay und John Thomas nahmen 1868 ein Patent zur Bereitung von Titanroheisen im Hochofen. Aber auch diese Hoffnungen erfüllten sich nicht. Die titanhaltigen Erze erwiesen sich als sehr schwer schmelzbar und im Hochofen ging der Titan fast ganz in die Schlacke.

Die Puddel- und Schweifsschlacken bildeten trotz ihres Phosphorgehaltes in den wichtigeren Eisendistrikten bereits ein beachtenswertes Material für den Hochofenbetrieb, das z. B. in Südwales und Oberschlesien bis zu 40 Proz. Verwendung fand, auf anderen Werken wie Witkowitz, Storé, Misling und Kreutzen in Österreich zeitweilig sogar für sich allein verschmolzen wurde. In einigen Gegenden, wie namentlich in Südstaffordshire, wurden dieselben erst in Stadeln geröstet.

Das Verfahren von Lang und Frey[3]), die zu Hirsenkorngröfse zerkleinerten Frischschlacken mit Kohle und Kalkmilch einzubinden und die getrocknete, in Stücke zerschlagene Masse im Hochofen zu verschmelzen, bewährte sich und fand nicht nur in Österreich, sondern auch in anderen Ländern Eingang. In Nordamerika gab es 1863 Professor Fleury in Philadelphia als ein von ihm entdecktes Verfahren aus. Neu war nur sein Vorschlag, das in Ziegel geformte Gemenge direkt im Puddelofen zu verarbeiten.

In Frankreich hatten Minary und Soudry ein anderes Verfahren

---

[1]) Siehe Öster. Jahrbuch, Bd. 18, S. 91.
[2]) Vergl. David Forbes, in Chemical News, Decbr. 1868.
[3]) Siehe Dingler, Polyt. Journ., Bd. 163, S. 116.

Digitized by Google

angegeben. Sie mengten die zerkleinerten Frisch- und Schweifsschlacken mit Steinkohlenklein und verkokten die Masse. Zu Givors nahm man hierbei 40 Proz. Frischschlacke auf 60 Proz. Steinkohle. Das Eisen in den Schlacken sollte angeblich reduziert und ein von Schwefel und Phosphor gereinigtes Eisen erzielt werden. Dies bestätigte sich aber nicht.

Escalle in Frankreich wollte nur durch die besondere Art des Chargierens, indem er die kleinen Schlacken am Rande und die dicken Brocken in der Mitte aufgab, ein gutes Ausschmelzen erzielen.

In Frankreich und Deutschland hatte man immer auf ein sorgfältiges Aufgeben der Gichten grofsen Wert gelegt[1]), während man in England dies weniger that. Je weiter die Gichtöffnungen der Hochöfen wurden, je schwieriger wurde das gleichmäfsige Ausbreiten der Beschickung. Die geschlossenen Gichten und die Gasfänge erschwerten dasselbe noch mehr. Man erkannte in den sechziger Jahren den Wert des regelmäfsigen Aufgichtens an und suchte die entgegenstehenden Schwierigkeiten zu überwinden. Dies geschah teils durch geeignete Gichtwagen, teils durch die Verteilungstrichter bei den Gasfängen. Da bei weiten Gichtöffnungen aber die Verteilung durch den Trichter ungenügend war, indem die Erze nur am Rande vorfielen, so verbesserte Langen 1866 seinen Gasfang für grofse Gichtdurchmesser in der Weise, dafs er noch bewegliche Verteilungsschieber anbrachte[2]).

Über das Niedergehen der Gichten haben Stahlschmidt und namentlich G. Wepfer beachtenswerte Versuche angestellt[3]).

Die Zeit des Niederganges der Gichten war sehr verschieden. Sie war in erster Linie von der Höhe des Ofens, aufserdem aber auch von der Art des Roheisens abhängig. In Cleveland brauchte (nach W. Grossley) die Erzgicht in den alten Öfen 24 Stunden, in den neuen, viel höheren Öfen 44 bis 50 Stunden, bis sie vor die Form gelangte. In kleineren Öfen war eine viel geringere Zeit erforderlich. Wir haben bei den Raschetteöfen erwähnt, dafs Aubel behauptet hatte, die Beschickung bedürfte einer geringeren Zeit als 7 Stunden, um genügend vorbereitet vor die Formen zu kommen, dafs sich diese Angabe aber nicht bestätigt hat. Für leicht reduzierbare und leichtschmelzige Erze kann dies aber unter günstigen Umständen doch der

---

[1]) Siehe Stein im Berggeist 1862, Nr. 11; Gruner, Annal. d. Min. 1865, 1. livr., p. 109.

[2]) Siehe E. Langen, Verhandl. des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleifses in Preufsen 1866, S. 317.

[3]) Siehe Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1865, S. 399.

Digitized by Google

Fall sein. Man hat beobachtet, dafs reine Braunerze nur eine Vorbereitungszeit von 5 bis 6 Stunden für weifses und von 7 bis 9 Stunden für graues Roheisen brauchen. Alle anderen Erze bedürfen aber einer längeren Vorbereitungszeit und zwar für weifses Roheisen mindestens 8 Stunden. Sphärosiderite bedürfen keiner hohen Vorbereitungstemperatur, aber langer Zeit, durchschnittlich 16 Stunden für weifses und 24 Stunden für graues Roheisen (v. Mayrhofer).

Von dem gröfsten Einflufs auf den Betrieb der Hochöfen und die Produktion waren Windpressung und Windtemperatur. Beide hatte man in den sechziger Jahren beträchtlich erhöht. Namentlich wendete man im Clevelanddistrikte vorher nicht gekannte Windtemperaturen an. Cochrane war es schon 1860 gelungen, mit Cowperapparaten einen Wind von 620° C. zu erzeugen und damit auf der Hütte zu Ormesby 250 kg Koks auf 1 Tonne Roheisen zu ersparen. Auch die anderen Hütten des Clevelanddistriktes steigerten infolge dieses Erfolges die Temperatur ihres Gebläsewindes. Dieselbe hatte zu Anfang der sechziger Jahre 300 bis 375° C. betragen, 1864 wurde sie auf 425 bis 500° C. gesteigert, 1867 betrug sie 560° C., auf einigen Werken aber 600° C. und darüber.

Trotz dieser grofsen Hitze des eingeblasenen Windes verliefsen die Verbrennungsgase die Gicht der Clevelandhochöfen mit verhältnismäfsig niedriger Temperatur und zwar war dieselbe um so niedriger, je höher die Öfen waren. Lowthian Bell fand sie 1865 bei einem Hochofen von 48 Fufs Höhe zu 700 bis 800° F. (357 bis 412° C.), bei einem Ofen von 75 Fufs Höhe aber nur zu 517° F. (241° C.)[1].

Cochrane stellte 1864 nach seinen Erfahrungen folgende Grundsätze auf: 1. Erhöhung der Öfen; 2. Erhöhung der Windtemperatur; 3. das Temperaturmaximum mufs sich in nächster Nähe der Formen befinden; 4. die Gase müssen mit möglichst niedriger Temperatur die Gicht verlassen.

Um diese Zeit hatte C. Schinz seine pyrometrischen Untersuchungen über den Hochofen begonnen. Indem er heftig gegen die seitherige, allerdings einseitig chemische Betrachtungsweise des Hochofenprozesses polemisierte und diesen im wesentlichen nur als thermischen Vorgang auffafste, lenkte er die Aufmerksamkeit der Metallurgen auf die Wichtigkeit der Wärmeerzeugung und des Wärmeverbrauchs im Hochofen und deren ökonomische Bedeutung[2]).

---

[1]) Vergl. Tunners Jahrbuch u. s. w. 1865, S. 109.

[2]) Siehe C. Schinz, Dokumente betreffend den Hochofen zur Darstellung von Roheisen. Berlin 1868.

Digitized by Google

Am 10. November 1865 nahm Thomas Whitwell ein Patent auf seinen steinernen Winderhitzer (Engl. P. 1865, N. 2897).

Die Erweiterung der Hochofengestelle und die Steigerung der Windmenge, Pressung und Temperatur in diesem Zeitraume hatte eine grofse Steigerung der Produktion zur Folge. In den fünfziger Jahren kamen Tagesproduktionen über 25 000 kg sowohl in England als auf dem Kontinent nur ausnahmsweise vor (Barrow in Cumberland und Heinrichshütte in Westfalen). In den sechziger Jahren wurde diese Tagesproduktion bereits vielfach überschritten. In Deutschland führen wir die Ilseder Hütte bei Peine an, die 1864 im Jahresdurchschnitte bereits 71 000 Pfund Tagesproduktion aufwies, die sich in den folgenden Jahren auf 50 000 kg und 1867 schon bis auf 80 000 bis 90 000 kg erhöhte.

Die Tagesproduktion eines Hochofens zu Barrow-in-Furnefs betrug 1861 41 550 kg, stieg aber in den folgenden Jahren über 50 000 kg. Der Hochofen von Norton im Clevelanddistrikte hatte 1867 eine Tagesproduktion von 64 500 kg, 400 Tonnen Wochenproduktion hatten 1869 Hochöfen zu Consett und Middlesborough (Gjers) und zu Kirklefs Hall in Lancashire.

Ein neues, verbessertes Verfahren des Ausblasens der Hochöfen wurde 1865 auf der Heinrichshütte bei Au an der Sieg zuerst angewendet. Nach der letzten Erzgicht gab man während einiger Stunden nur Koks nach, dann zerklopften Kalkstein, mit dem man den Ofen anfüllte. Sobald das letzte Eisen abgestochen und der Kalk vor die Form gerückt war, blies man noch 1½ Stunden, stellte dann den Wind ab, brach die Brust auf und zog den gebrannten Kalk aus. Hierauf zeigte sich der Ofen glatt ausgeblasen. Dieses Verfahren hat man auf anderen Werken, z. B. zu Rhonitz 1869, mit Erfolg nachgemacht.

Die längsten Hüttenreisen erzielte man bei den Hochöfen in Südwales, die aus vorzüglichem Material erbaut waren und in denen ein immer gleicher Betrieb stattfand. Zu Dowlais waren 1866 ein Hochofen 18, der andere 23 Jahre im Betriebe. Dagegen dauerten die Hüttenreisen der Hochöfen im Küstengebiet, wo man Hämatiteisen aus den leichtschmelzigen, basischen Erzen aus Spanien u. s. w. schmolz, nur kurz. Meist waren Gestell und Rast in 6 Monaten durchgefressen.

Die Hochofenschlacken suchte man auf verschiedene Arten zu verwerten[1]). Das Verfahren, sie in Formen laufen zu lassen und auf

[1]) Siehe Aufsatz von T. Egleston in New-York in Dinglers Journal 206, S. 457.

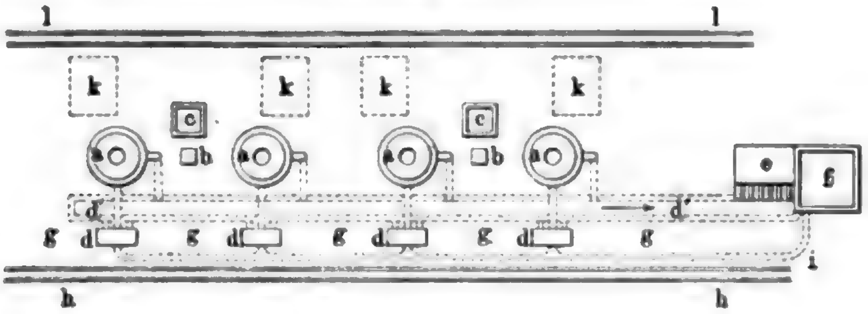
Digitized by Google

diese Art Steine daraus zu machen, war schon alt. Eine andere Art, Schlackensteine zu fabrizieren, bestand darin, daſs man die Schlacken flüssig mit Koks, Kies oder kalter Schlacke durcharbeitete und diese Masse, solange sie noch zähe war, in Formen drückte. Die erstarrten Schlackensteine temperte man in Temperieröfen oder Röststadeln. Der Ingenieur Sepulchre stellte in Belgien aus Schlacken von 38 bis 44 Proz. Kieselsäuregehalt sehr feste Steine dadurch her, daſs er die Schlacke über eine stark geneigte Schlackentrift in eine groſse Höhlung flieſsen und die Masse unter Asche und Sand langsam in 5 bis 10 Tagen erkalten lieſs.

Der Sand von basischer Schlacke eignete sich sehr gut zur Mörtelbereitung. Diesen Sand erhielt man im Siegerland dadurch, daſs man die flüssige Schlacke in ein Bassin mit flieſsendem Wasser laufen lieſs. Durch die rasche Abkühlung in dünnem Strahl zerfiel die Schlacke zu einem porösen leichten Sand. Dieses Verfahren hatte E. Langen schon 1861 auf der Friedrich-Wilhelmshütte bei Siegburg eingeführt. Irrtümlich schreibt man daher die Erfindung Minary zu, der dasselbe später in der Franche-Comté anwendete. Lürmann rührte auf der Georg-Marienhütte diesen Sand mit gelöschtem Kalk an und preſste die Masse zu Steinen, die an der Luft erhärteten. Gjers lieſs den Schlackensand noch durch Walzen gehen und verwendete ihn zur Herstellung der Masselformen. Parry schlug vor, die phosphorhaltigen Schlacken zur Düngung zu verwenden.

Die Herstellung von Schlackenwolle durch Durchblasen von Wind- oder Dampfstrahlen durch die flüssige Masse führte G. Parry um 1864 ein, indem er einen Dampfstrahl durch die abflieſsende Schlacke leitete.

Fig. 61.



Über die Anlage von Verbesserungen in der Hochofenhütte verweisen wir noch auf einen Aufsatz von Kerpely in der Berg- und Hüttenmännischen Zeitung von 1870 (Nr. 14, 97, 107).

Obenstehende Skizze (Fig. 61) soll den Grundriſs einer neuen Hochofenanlage aus dieser Zeit, des Lindorp-Eisenwerkes bei Middlesborough, darstellen. Es bedeuten: *a*, 4 Hochöfen, deren Gichtböden

Digitized by Google

durch Gichtbrücken miteinander verbunden sind; *b*, 2 pneumatische Gichtaufzüge; *c*, Maschinen dazu; *d*, 4 Winderhitzungsapparate; *e*, Kesselanlage mit 11 Kesseln zur Überdrehung; *f*, Maschinengebäude; *g*, Materialienplätze; *h*, schwebende Schienenbahn zur Anfuhr der Materialien; *i*, Windleitung; *k*, Sandherde zum Einformen der Roheisenbarren; *l*, Eisenbahn zur Abfuhr der Produkte.

Über den Betrieb der bedeutendsten Hüttenwerke findet man eine gute Zusammenstellung in Percy-Weddings Handbuch der Eisenhüttenkunde [1]).

Die Eisengiefserei von 1861 bis 1870.

Für die Eisengiefserei fanden die Irelandöfen (siehe Bd. IV, Fig. 290, S. 842) immer gröfsere Verbreitung. R. Gerhardi änderte 1869 in Deutschland ihre innere Gestalt etwas ab, indem er dieselbe vor den Formen zusammenzog. Dieses war aber, wie er selbst mitteilt [2]), schon 1863 bei Borsig durch einen Engländer eingeführt worden. Die von Georg Hinton 1860 patentierten Kupolöfen wichen von den Irelandöfen so wenig ab, dafs R. Mallet keinen Unterschied zwischen beiden Ofenarten finden konnte [3]). Hinton legte besonderen Wert auf die bessere Windverteilung durch zwei übereinander liegende Formreihen. Dieselbe Anordnung hatte aber auch Ireland schon in seinem Patent von 1858 beschrieben, ebenso wie die Benutzung von den Ofen umgebenden Vorwärmern zur Winderhitzung. Diesen letzteren Gedanken führten Hinton und J. Gittoes in einem Patent von 1861 weiter aus. Danach sollte der äufsere Ofenmantel bis auf etwa 12 Fufs Höhe doppelt und geteilt sein. Der Wind sollte abwechselnd durch die eine und die andere Hälfte strömen und dadurch vorgewärmt werden. Die Erhitzung der Kammern sollte noch verstärkt werden durch die Durchleitung der heifsen Gichtgase. Hinton konstruierte auch einen sehr weiten, aber niedrigen Kupolofen mit einer grofsen Anzahl Windformen in zwei Reihen übereinander zum Umschmelzen grofser Gufsstücke, z. B. unbrauchbarer Schiffskanonen, welche am Boden auf einem Block aus Sandstein ruhten, während sie oben mittelst einer Kette aufgehängt waren.

In Nordamerika fanden um diese Zeit die Kupolöfen von

---

[1]) Vergl. auch Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1864, Nr. 21, 47.

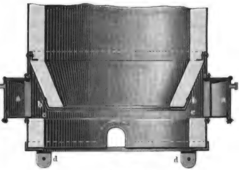
[2]) Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1869, S. 274, Taf. III.

[3]) Siehe Pract. Mechanic's Journ., III. ser., vol. II, p. 257 und vol. IV (1868), p. 72.

Digitized by Google

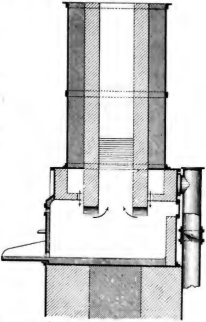
Makenzie Verbreitung[1]). Dieselben zeichneten sich durch geringen Koksverbrauch, veranlafst durch eine gute Windverteilung mittels eines gleichförmig um den ganzen Ofen gehenden Schlitzes, Fig. 62, *cc*, aus. Die eigentümliche Rastzustellung, welche hierdurch bedingt wird, ist aus der Abbildung zu ersehen. Der Ofen, der im übrigen dem Irelandofen glich, stand frei auf Säulen und hatte eine bewegliche Bodenplatte.

Fig. 62.



Eine wichtige neue Kupolofenform war die von Krigar und Eichhorn (1867) in England patentierte. Sie war von Heinrich Krigar, Mitbesitzer der Eisengiefserei Krigar und Ihsen bei Hannover, Mitte der sechziger Jahre erfunden und zeichnete sich durch eigenartige Windführung und grofse Koksersparnis aus. Fig. 63 stellt die ältere Konstruktion (zu Hope foundry, Lambeth), die später abgeändert und verbessert wurde, dar. Der Wind trat in den den Ofen umgebenden Kasten *B*; aus diesem gelangte er durch die Schlitze am Boden in der Richtung der Pfeile in den Ofen und in den Schacht, welcher in den langgestreckten Eisenkasten hineinragt. Die Gebläseluft wird auf diesem Wege vorgewärmt. Der Vorherd des Eisenkastens ist in seiner ganzen Breite durch eine eiserne Thür, in welcher sich die Abstich-

Fig. 63.

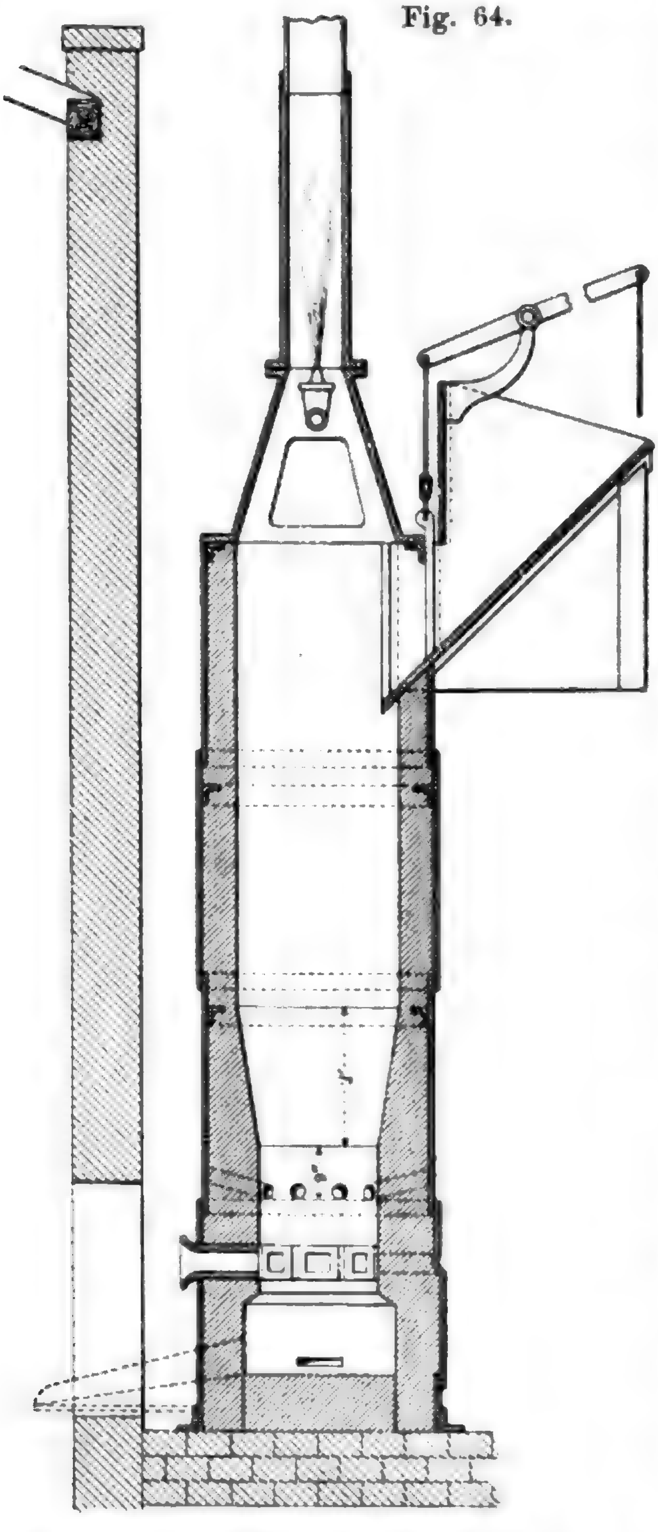


[1]) Siehe Mallet a. a. O., S. 258.

Digitized by Google

öffnungen *F* für das Eisen, *S* für die Schlacke und das Schauloch *D* befinden, geschlossen. Aufser bei Krigar selbst war dieser Ofen in Deutschland in dem vormals Egestorffschen Werke bei Linden-Hannover in Betrieb. Bei Krigar betrug der Koksverbrauch 50 Pfund auf 800 Pfund Roheisen.

Fig. 64.



Price konstruierte einen Kupolofen (Patent vom 2. April 1863), dessen Schacht auf Säulen ruht, während der ganze untere Ofen von Eisenkasten umgeben ist, durch welche Wasser oder Luft cirkuliert.

Ein interessanter Kupolofen, der in England Aufsehen erregte und Verbreitung fand, war der ohne Gebläsemaschine arbeitende der Gebrüder Woodward, welcher am 24. Januar 1865 patentiert wurde[1]). Der Wind wurde durch einen Dampfstrahl, welcher, ähnlich wie bei den Lokomotiven, in den engen, eisernen Blechschornstein geleitet wurde, durch Ansaugen erzeugt. Die Gicht war geschlossen, das Aufgeben erfolgte durch Fülltrichter und Ladethüre. Fig. 64 giebt die Abbildung des Dampfzugkupolofens von Woodward[2]). 1868 waren schon über 60 dieser Öfen in England errichtet. Sie sollten an Koksersparnis alle anderen Öfen übertreffen und nur 5 Proz. Schmelzkoks brauchen. Dafs bei dem Ansaugen der Luft die Wärmeverteilung im

---

[1]) Das Patent (1865, Nr. 209) lautet auf den Namen von William, Robert, John und Adam junior Woodward. Die Firma hiefs Woodward Brothers, Queenfoundry, Ancoato bei Manchester.

[2]) Siehe Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1866, S. 44 und 126, Tab. III; Genaueres darüber in F. Kohn, Iron and Steel Manufacture 1869.

Digitized by Google

Schmelzraum eine gleichmäfsigere ist, liegt auf der Hand. Mallet in seiner vortrefflichen Abhandlung über die Fortschritte der Eisengiefserei stellte den Dampfstrahlöfen aber kein günstiges Prognostikon, weil nach seiner Ansicht von allen Mitteln, Luft zu bewegen, keins kostspieliger sei als der Dampfstrahl.

Das Streben, Steinkohle direkt beim Schmelzen des Giefsereieisens zu verwenden, führte zu der Konstruktion des Steinkohlenkupolofens von Daelen und Freudenthal[1]), der aber zu kostspielig war, um Verbreitung zu finden.

Einen Zugkupolofen, wie ein solcher schon früher von Zintgraff angegeben worden war, konstruierte Richard Canham 1866. Derselbe hatte in der Herdgegend ein aus feuerfesten Ziegeln hergestelltes Gitterwerk, durch welches die Luft mittels hoher Esse angesaugt wurde[2]).

Die Anforderungen an die Leistung der Kupolöfen hatten sich in den sechziger Jahren sehr gesteigert. Hierzu trug insbesondere der Bessemerprozefs bei, welcher das Einschmelzen grofser Massen von Roheisen in kurzer Zeit nötig machte. Aber auch für Giefsereizwecke steigerten sich die Anforderungen immer mehr. Als ein Beispiel hervorragender Leistung eines Kupolofens erwähnen wir den Gufs eines Ambosses für einen Dampfhammer der Port Richmond-Eisenwerke (1863). Es wurden dabei $37^1/_2$ Tonnen Eisen in 4 Stunden unter Zuführung von 4000 Kubikfufs Luft pro Minute in einem Kupolofen geschmolzen. Gruson gofs in einen Kupolofen auf dem Artillerieschiefsplatz bei Berlin 240 Ctr. flüssiges Eisen in einer Stunde. Wernecke schrieb 1862 über den Nutzen des Flufsspats beim Kupolofenschmelzen.

Die Gufsflammöfen traten nicht nur beim Einschmelzen des Bessemerroheisens, sondern auch bei der Giefserei selbst mehr und mehr gegen die Kupolöfen zurück.

Das sogenannte Schweifsen des Gufseisens war ein den praktischen Giefsern bekannter Kunstgriff; angeblich soll es ein belgischer Arbeiter 1860 erfunden haben. 1861 wurde dasselbe als ein neues auf der Hütte zu Tamaris bei Alais angewandtes Verfahren in den Annales des Mines beschrieben. Es handelte sich dabei um das Anschweifsen zerbrochener Walzen oder Wellen. Das zerbrochene Stück wurde an den Bruchstellen erhitzt in eine vorbereitete Gufsform eingelegt, durch welche man flüssiges Roheisen über die Bruchflächen so lange durchfliefsen liefs, bis sie sich erweichten. Alsdann wurde der Abflufs ver-

[1]) Siehe Dürre, Eisengiefserei 1870, I, S. 420.
[2]) Siehe Kerpely, Jahresbericht 1866, S. 116, Taf. III.

Digitized by Google

stopft und die Form mit Eisen gefüllt. Die Bruchflächen waren dann zusammengegossen. Die Gufsstücke wurden abgedreht.

Im Zusammenschweifsen von Gufseisen mit Stahl machte man ebenfalls Fortschritte. Das Hüttenwerk Königsbronn stellte 1867 zu Paris schöne Hartwalzen mit eingegossenen Bessemerstahlachsen aus. Gufseiserne Ambosse mit aufgegossenen Stahlplatten gofs man nach Broman in der Weise, dafs man die Stahlplatte in eine Form mit Ablauf einlegte, sie mit Borax bestreute und dann flüssiges Roheisen so lange darüber laufen liefs, bis die Oberfläche zum Schmelzen kam. Alsdann schlofs man den Ablauf und gofs die Form voll. — Häufig empfiehlt es sich, die schmiedeeisernen Teile, die man eingiefsen will, vorher zu verzinnen.

Das Bestreben, die Qualität des Gufseisens zu verbessern, führte zu vielen Vorschlägen und Versuchen. Der amerikanische Bürgerkrieg veranlafste ein neues Verfahren zur Herstellung festen und dichten Eisengusses für Geschütze. Diese „Rodmansche Giefsmethode“ bestand in der Herstellung von Hohlgüssen mittels hohler Kerne und Wasserkühlung unter gleichzeitiger Erwärmung der Form von aufsen zur Erzielung eines gleichmäfsigen Erstarrens und Beseitigung jeder Spannung. Auf diese Weise wurden Riesengeschütze hergestellt, welche sich gegen Eisenpanzer gut bewährten[1]).

Bessemer stellte durch Vermischen von flüssigem weichen Bessemerstahl mit flüssigem Roheisen ein verbessertes Giefsereieisen (improved foundry iron) her. Er empfahl, das Gemisch erst in Gänze laufen zu lassen und es dann im Kupolofen umzuschmelzen. Ein ganz ähnliches Gemisch aus Martinstahl und Roheisen erzeugte Martin als Métal mixte. Verbreiteter war aber in Frankreich Stirlings Verfahren (s. Bd. IV, S. 540). In England machte man zähen Gufs (toughened cast iron) durch Zusatz von 20 bis 40 Proz. Flufseisen oder Flufsstahl, auch wendete man ein reinigendes Umschmelzen im Flammofen, wie es lange vorher in Schlesien zur Erzeugung von Feineisen üblich war, an. Gaudin erhielt ein Giefsereieisen von grofser Festigkeit durch Umschmelzen des Roheisens mit oxydierenden Zuschlägen.

R. Mallet stellte durch Versuche fest, dafs Eisen, unter Druck gegossen, viel dichter wird. Eisen von Calder hatte, ohne Druck gegossen, ein spezifisches Gewicht von 6,9551, unter Druck einer 14 Fufs hohen Eisensäule gegossen, ein spezifisches Gewicht von 7,1035. Das spezifische Gewicht des Gufseisens wächst mit der Höhe der drücken-

[1]) Siehe Berg- u. Hüttenmänn. Jahrbuch f. Leoben u. Příbram 1872, Bd. XXI, S. 98; Dinglers Polyt. Journ. 206, S. 451.

Digitized by Google

den Eisensäule, aber in langsam abnehmendem Verhältnis. Dieser Umstand erklärt die Vorzüge des stehenden Gusses mit verlorenem Kopf und hohen Eingufstrichtern. Blasenfreien Gufs erzielte Jos. Harrison zu Philadelphia durch Auspumpen der Luft aus den Formen bei der Röhrengiefserei[1]).

In Deutschland zeichnete sich besonders Gruson durch seinen vortrefflichen Hartgufs aus. Hierzu verwendete er (1863) 400 Teile zähes, graues Holzkohlenroheisen und 100 Teile Spiegeleisen. Anfang der sechziger Jahre schmolz er mit Vorliebe das Roheisen der Teichhütte bei Gittelde. 1864 gofs Gruson Hartgufsgeschosse gegen Panzer. Mitte der sechziger Jahre beschäftigte er sich bereits mit der Herstellung von Hartgufspanzertürmen und stellte 1867 ein Modell davon in Paris aus.

In Österreich war Ganz in Ofen (Budapest) durch seinen Hartgufs berühmt. Er stellte denselben zum Teil dadurch her, dafs er die Gufsformen mit gepulvertem, mit Weingeist angerührtem Antimon ausstrich. Es bildete sich dadurch an der Oberfläche eine harte Legierung von Eisen und Antimon.

Zu Creusot stellte man Hartgufswalzen in der Weise dar, dafs man erst eine dünne cylindrische Schicht von weifsem Eisen gofs, diese dann nach dem Erkalten mit grauem Roheisen vollgofs.

Gufseisen erhält durch einen Zusatz von 2 Proz. Wolfram grofse Härte und Festigkeit. Le Quen stellte hierüber im Kriegshafen zu Brest (1863) Versuche an. Er setzte dem flüssigen Roheisen pulverisiertes Wolframerz zu. Die Reduktion des Wolframerzes erfolgte auf Kosten des Kohlenstoffgehaltes des Roheisens, das dadurch stahlartig wurde.

Eine verbesserte Giefspfanne erfand Mandley 1863. Bei dieser taucht eine am Ausgufs angebrachte Eisenplatte, sobald die Pfanne geneigt wird, in das flüssige Eisen und hält dadurch die aufschwimmenden Unreinigkeiten zurück. Dasselbe bezweckt die Giefspfanne von Vanbofs (1870), bei welcher, ähnlich wie bei einer Theekanne, nur das Untere ausfliefsen kann.

In England ersetzte man die schweren gufseisernen Formkasten, namentlich für kleinere Gufsstücke, durch Formkasten aus Eisenblech. Derartige leichte Formkasten aus Walzeisen fertigte Anfang der sechziger Jahre Stotz in Stuttgart an.

Karmarsch untersuchte die bekanntesten Formsande chemisch,

---

[1]) Siehe Pract. Mechan. Journ. 1866, Jan., p. 302; Kerpely a. a. O. 1862, S. 132.

mikroskopisch, durch Schlämmen und auf ihre Bindekraft und veröffentlichte die Resultate seiner Untersuchung 1862 in den Mitteilungen des Hannoverschen Gewerbevereins.

Schott in Ilsenburg machte Mitteilung über die Herstellung künstlicher Formsande [1]). Es gelang ihm, die berühmten Pariser Formsande genau nachzumachen, doch waren sie nicht so gut wie die natürlichen. Eduard Schott in Ilsenburg und Karl Nicolaus [2]) zu Lauchhammer erwarben sich grofse Verdienste um den Kunstgufs in Eisen.

Die wichtigsten Fortschritte der Eisengiefserei in diesem Zeitraum waren die Verbesserungen der Formmaschinen und die immer ausgedehntere Anwendung derselben. Hüttendirektor Stenz hat über die Formmaschinen, die er 1863 auf einer Reise in England kennen lernte, eine ausführliche Abhandlung veröffentlicht [3]). Er teilt die Formmaschinen für gewöhnlichen Kastengufs in zwei Klassen, in solche zum Ausziehen des Modells ohne Umkehrung und in solche zum Umkehren des Kastens. Typisch für die erste Klasse war die Formmaschine von J. Howard in Bradford. Sie beruhte auf dem einfachen Ausziehen des Modells aus dem Sande durch ein Modellbrett, welches sich an die Seitenflächen des Modells genau anschlofs. Das senkrechte Niederziehen des Modells erfolgte bei flachen Gegenständen durch einen Hebel mit Geradeführung, bei höheren Modellen durch Schrauben mit Muttern. Zahnstangenbewegung fand nur beim Einformen der Munition in Woolwich statt [4]). Für kompliziertere Gufskörper mufste man zusammengesetzte Bewegung anwenden.

Für die zweite Klasse der Formmaschinen zum Umkehren der Kasten kann die schon früher erwähnte Maschine von Jobson als Muster gelten. Sie hat verschiedene Abänderungen erfahren, bei allen besteht aber das Princip darin, den eingeformten Kasten mit dem Modell und der eigentlichen Formvorrichtung umzudrehen, so dafs der Formkasten in seiner zum Abgusse geeigneten Stellung nach unten hängt, um ihn dann durch langsame Senkung vom Modell zu lösen und auf die Eisenbahn zu stellen, auf welcher

---

[1]) E. Schott, Die Kunstgiefserei in Eisen. 1872.

[2]) Karl Nicolaus, 1807 zu Kamenz in Sachsen geboren, wurde Gürtler, kam 1834 nach Lauchhammer, wo Graf Detlev v. Einsiedel seine künstlerische Beanlagung erkannte und ihn bei Rietschel, Rauch und in Paris ausbilden liefs. Als Vorsteher der Kunst- und Modellierwerkstätten zu Lauchhammer brachte er den Kunstgufs dieses berühmten Werkes auf eine hohe Stufe. Er starb daselbst am 4. Oktober 1897. (Näheres siehe Eisenzeitung 1897, Nr. 48, 49, 50.)

[3]) Siehe Zeitschrift für d. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wesen im preufs. Staate. Bd. XII, S. 324.

[4]) Siehe Dinglers Polyt. Journ. 1863, I, S. 1.

Digitized by Google

er mit dem Oberkasten bedeckt und abgegossen wird. Die hierzu nötige Formvorrichtung besteht aus einer glatt gehobelten Modellplatte, auf welcher das Modell befestigt wird.

Diese Modellplatte wird in einen flachen Kasten von entsprechender Gröfse eingelegt und darin so festgestellt, dafs ihre Oberfläche mit den Randflächen des Kastens übereinstimmt. Der Kasten ist um zwei Zapfen drehbar, die Drehung wird durch einen Hebel bewirkt. Der zweite Hauptteil der Maschine besteht in einem zwischen den Ständern in senkrechter Richtung beweglichen, horizontalen Tisch, mit dessen Hülfe der Formkasten, nachdem das Modell eingestampft ist, abgenommen wird. Die Bewegung des Tisches erfolgt auf verschiedene Weise [1]). Diese Maschinen eigneten sich besonders für gröfsere Stücke.

Eine dritte Art der Formmaschinen war eine Kombination der beiden Systeme Howard und Jobson [2]). Sie wurde damals für Schienenstühle häufig angewendet. Ein Former machte mit fünf Knaben und zwei Giefsern 1000 Stück in 12 Stunden. — Eine Zahnradformmaschine liefs sich G. L. Scott 1865 in England patentieren.

Für den Gufs stärkerer gufseiserner Röhren erlangte die Maschinenformerei eine immer gröfsere Bedeutung. Besonders waren es die grofsen Röhrengiefsereien in Glasgow und in Middlesborough, die dieselbe verbesserten. Die Röhrenformmaschine von Stewart drückte durch spirale Windungen einer in ihren Gängen durchbrochenen flachen Schraube den Sand fest. Ähnlich war die Röhrenformmaschine von Sheriff, bei welcher das an einer senkrechten Stange befestigte Modellstück gedreht wurde. Mit ihm zugleich drehten sich sechs schrägliegende kleine Scheiben, welche innen das Modell, aufsen die Kastenwände berührten. Diese Scheiben drückten den Sand bei ihrer Drehung um das Modell, das sich gleichzeitig langsam hob, fest. Die ganze Vorrichtung hing an einem beweglichen Schlitten, der auf dem Dachgebälk verschiebbar war. Trotz der Vervollkommnung dieser Maschinen machte die Handformerei denselben doch erfolgreiche Konkurrenz, so dafs z. B. in den grofsen deutschen Röhrengiefsereien zu Mühlheim a. d. Ruhr und zu Bayenthal die Maschinen zum Stampfen der Röhren wieder abgeschafft wurden.

Die Handarbeit bei der Röhrenformerei wurde verbessert von Haldy in Pont-à-Mousson, von Böcking auf dem Halberg bei Saarbrücken und an anderen Orten.

In den grofsen Röhrengiefsereien von Cochrane, Grove & Co.

---

[1]) Siehe Dinglers Polyt. Journ. 1863, I, Taf. XIV.

[2]) Siehe Dürre, Eisengiefserei, II, S. 513.

Digitized by Google

zu Ornsley bei Middlesborough und zu Woodside (Dudley), damals wohl die gröfsten der Welt, von denen Ornsley allein wöchentlich 12000 Ctr. Röhrengufs lieferte, hatte Cochrane von ihm erfundene verstellbare Kernspindeln für verschiedene Röhrenweiten eingeführt.

Tangyes Röhrenpresse[1]) mit hydraulischem Druck kam 1867 zur Einführung. Die Röhrenformkasten wurden reihenweise auf Plattwagen, die auf Schienen liefen, aufgestellt. Die Giefshütten für Röhrengufs waren zweistöckig und hatten grofse Dammgruben und Dampfkräne. Die Röhren wurden in Gruppen stehend gegossen.

Grofse Verbreitung erlangten in den sechziger Jahren auch in Deutschland die Räderformmaschinen. Auf eine sehr gute Maschine dieser Art erhielt George Lamb Scott am 25. Oktober 1865 ein Patent[2]). Diese Scottsche Räderformmaschine fand rasch Verbreitung.

Für den Kugelgufs wendete man zu Woolwich verschiedene Arten von Form- und Kernmaschinen an. Von ersteren bewährten sich die von M. Eyth und die älteren von Downie in Glasgow. In England gofs man Pflugscharen in Formen, die an den Stellen, wo dieselben hart werden sollten, von Eisen hergestellt waren.

Zum Trocknen der Giefsformen mit heifser Luft hatten Brunnon und Söhne zu Rive de Gier ein zweckmäfsiges Verfahren eingeführt[3]).

Um eine gröfsere Anzahl gleichartiger Gegenstände rasch abgiefsen zu können, konstruierte Barett 1861 einen Drehtisch für Gufsformen, welcher die Formen der Giefspfanne oder dem Kupolofen zuführte. Denselben Zweck erfüllten in englischen Giefsereien geschlossene Schienenbahnen, welche die Formen auf Plattwagen an dem Kupolofen vorbeiführten.

Schieles Ventilatoren erfreuten sich in England und Deutschland in den sechziger Jahren grofser Beliebtheit. Durch die Pariser Weltausstellung von 1867 wurde man in Europa mit dem verbesserten Kapselgebläse der Amerikaner F. M. und P. H. Root zu Connersville (Indiana) bekannt[4]) (Fig. 65), welches rasch in Aufnahme kam. Dasselbe besteht aus zwei in entgegengesetzter Richtung umlaufenden Flügeln von dem (Fig. 66) gezeichneten Querschnitt, welche sich in einem länglichen Gehäuse bewegen. Sie liefern Wind von geringer Pressung und haben hohen Nutzeffekt.

---

[1]) Siehe Kerpelys Fortschritte u. s. w. 1867, Taf. II. Fig. 4 u. 5.

[2]) Siehe Dinglers Polyt. Journ. 194, S. 292; Dürre a. a. O., II, S. 532.

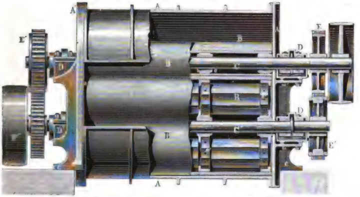
[3]) Engineering, März 1870, S. 208; Dinglers Polyt. Journ. 196, S. 502.

[4]) Siehe Rittingers Bericht über die Pariser Weltausstellung, S. 144; Armengand, Publ. industr., t. 19, pl. 36.

Digitized by Google

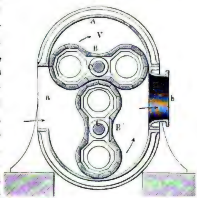
In der Weltausstellung zu London von 1862 zeichnete sich die altberühmte Eisengieſserei von Coalbrookdale durch die Schönheit und Mannigfaltigkeit ihrer Produkte aus. Den schönsten Kunstguſs hatten aber die deutschen Gieſsereien ausgestellt, namentlich die

Fig. 65.



königliche Gieſserei zu Berlin, Lauchhammer, und die gräflich Stolbergische Hütte zu Ilsenburg. Letztere erregte Sensation mit ihren gegossenen Schwertern, Schilden und Plattenharnischen und es wollte den an so dünnwandigen Guſs nicht gewöhnten Engländern unglaublich scheinen, daſs die Gegenstände wirklich aus dem Hochofen gegossen waren.

Fig 66.



Wir erwähnen noch des bleifreien emaillierten Kochgeschirrs aus Guſseisen von der Nieverner Hütte, das um 1862 bekannt wurde, sowie einer ausführlichen Beschreibung der kaiserlichen Kanonengieſserei la Ruelle im Mechanic's Magazine von 1867.

Zum Schluſs sei noch der Gründung des Vereins deutscher Eisengieſsereien, welche im November 1868 beschlossen wurde und am 12. Juli 1869 in Hannover zur Ausführung kam, gedacht.

Die Fabrikation des **schmiedbaren Gusses** gewann in den sechziger Jahren an Umfang und Bedeutung. Die gröſsten Fabriken

waren zu Sheffield, Manchester und Birmingham in England und zu Glasgow in Schottland, zu Solingen und Elpe in Westfalen, in Stuttgart, eine der bedeutendsten war zu Neunkirchen in Österreich, ferner zu Lüttich in Belgien, besonders für Gewehrteile. In Frankreich gab es 1864 ca. 15 Eisengiefsereien, die täglich 160 bis 200 Ctr. schmiedbaren Gufs aus Ulverston-Hämatiteisen machten. General Morin-Tresca fand die Bruchbelastung zu 35 kg pro Quadratmillimeter; je gröfser aber die Dicke des Stückes war, je geringer der Elasticitätskoefficient. A. Brüll, der eine ausführliche Studie über den schmiedbaren Gufs veröffentlichte [1], fand ihn zu 25,6 bis 36,4 kg, im Durchschnitt zu 32,5 kg pro Quadratmillimeter, während diese bei dem Roheisen nur 14 kg betrug. Eaton schlug 1861 Zinkoxyd als Entkohlungsmittel beim Adduzieren vor.

Dalifol in Frankreich verbesserte den Schmelzofen, um gröfsere Massen mit weniger Brennmaterial zu schmelzen [2]. A. L. Fleury gofs Hämmer, Spaten, Spitzhauen u. s. w. und gab ihnen stahlartige Oberfläche, indem er sie in kohlensaure Alkalien und Kalk verpackt zwei Tage glühte. Mallet behauptete, dafs beim Adduzieren ein chemischer Vorgang und eine Entkohlung nicht stattfinde, sondern dafs durch das Glühen nur eine molekulare Umsetzung eintrete, weshalb es gleichgültig sei, ob man die Gufsstücke in indifferente oder oxydierend wirkende Stoffe einpacke [3]. John Tenwick in Grantham erfand 1870 einen verbesserten Glühofen für kontinuierlichen Betrieb [4].

Schmiedbares Eisen 1861 bis 1870.

Direkte Schmiedeeisenbereitung.

Die direkte Darstellung von Schmiedeeisen und Stahl aus den Erzen gewann durch das Siemenssche Princip der Regenerativfeuerung und durch C. W. Siemens selbst eine neue wichtige Anregung. Ehe wir hierauf näher eingehen, müssen wir einige der vorhergegangenen neuen Vorschläge zur direkten Eisen- und Stahlbereitung kurz betrachten.

Isaak Rogers beschrieb 1862 einen von ihm zu Newark (N. Y.),

---

[1] Mém. de la Soc. des ingén. civils 1863, p. 317; Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1864, S. 277.

[2] Siehe Kerpely, I, Tab. VI, Fig. 18 u. 19.

[3] Siehe Pract. Mechan. Journ., Mai 1868.

[4] Dinglers Journal 199, S. 369.

Digitized by Google

Vereinigte Staaten, eingeführten neuen Prozefs. Derselbe bestand darin, dafs die zerkleinerten Erze mit 25 Proz. Steinkohlen vermengt, in einem horizontal über einem Puddelofen rotierenden Cylinder von ca. 20 Fufs Länge, durch die abgehenden Gase des Puddelofens reduziert wurden. Die Vorwärtsbewegung der Masse geschah durch eine Schnecke; das Einfüllen und Entladen erfolgte kontinuierlich bei jeder Umdrehung. Das reduzierte Erz gelangte direkt auf den Herd des Puddelofens, wo es zu einer Luppe zusammengeschweifst wurde. Jeder Austrag lieferte Erz für eine Luppe von 110 bis 120 Pfund. In $22^1/_2$ Minuten gelangten 200 Pfund des reinen Magneteisenerzes in den Ofen, in derselben Zeit war die vorhergehende Charge geschweifst [1]).

Von Erfolgen dieses Prozesses ist indessen nichts bekannt geworden. Dasselbe gilt von einer Reihe englischer Patente, die wie das beschriebene Verfahren von Rogers mehr oder weniger Ähnlichkeit mit Chenots Prozefs haben. Eins derselben von Ed. Brown Wilson vom 16. Mai 1863 will Reduktion und Schweifsung in einem Ofen mit zwei Kammern ausführen. In der höher gelegenen Reduktionskammer (reducing chamber) wird das zerkleinerte und mit den Reduktionsmitteln vermischte Erz eingesetzt, durch eine Gasflamme reduziert und bis zum Schmelzen erhitzt. Das reduzierte und gekohlte Eisen soll zugleich mit der Gasflamme durch Öffnungen in der Scheidewand (diaphragm) in die Raffinierkammer (refining chamber) gelangen, in welche aufserdem noch mehr oder weniger oxydierende Gasflammen durch seitliche Öffnungen eintreten und das Eisen reinigen.

W. Henderson nahm am 10. Juli 1863 ein Patent darauf, reiche Eisenerze, namentlich aber die Rückstände der bei der Schwefelsäurefabrikation fallenden gerösteten Schwefelkiese direkt auf Schmiedeeisen und Stahl zu verarbeiten. Er mischte das gepulverte Erz mit Kohle und Flufsmitteln — Kalk, Kochsalz oder anderen Chloriden —, formte Klumpen daraus und reduzierte diese in Retorten. Die reduzierten Massen wurden in Gasflammöfen zu Schmiedeeisen, Gufseisen oder Stahl eingeschmolzen. Für Schmiedeeisen sollte der Kohlenzusatz ca. 5 Proz., für Gufseisen 10 Proz. betragen; wollte man Stahl erhalten, so mufsten 5 bis 8 Proz. Manganoxyd oder Mangankarbonat zugesetzt werden. Das Reduktionsgefäfs war eine ca. 20 Fufs lange, senkrecht stehende Retorte, die unten in Wasser eintaucht wurde. Aus diesem wurde das reduzierte Eisenpulver geschöpft.

---

[1]) Siehe Percy-Wedding, I, S. 603.

Digitized by Google

Ein ähnliches Patent nahm William Brooks nach einer Mitteilung von Jean Baptiste Helson am 30. März 1865.

Alle diese angeblichen Erfindungen waren im Grunde nur Abänderungen von Chenots Verfahren und blieben ohne Erfolg. Chenots Prozefs selbst war noch in Südfrankreich und Nordspanien in beschränkter Anwendung, doch hatte man ihn abgeändert und vereinfacht. Namentlich geschah dies durch Fouragin, dessen Verfahren nach Svanbergs Bericht (1862) an drei Orten bei Bilbao und an einem Ort in Frankreich ausgeübt wurde[1]).

Die Reduktion geschah mit Kohlenoxydgas in einem etwa 20 Fufs hohen Ofen, das Produkt wurde in Frischherden mit Holzkohle geschweifst. In Baracaldo, wo man noch indirekte Heizung hatte, war Chenoteisen für Hufnägel beliebt. Hier machte man 1862 40000 Ctr. 1865 wurde Chenots Prozefs in den Werken von Bageney bei Paris eingeführt. Der dafür erbaute Ofen war 50 Fufs hoch und an der weitesten Stelle 18 Fufs im Quadrat weit.

Der Chenotprozefs mit innerer oder direkter Heizung wurde zu Lamarde bei Vic-Dessos in Ariège (1867) noch mit Erfolg fortgesetzt. Indessen war er nur bei manganreichen Erzen mit mindestens 44 Proz. Eisengehalt anwendbar. Das im Herd erhaltene Schweifseisen fiel, wie das Renneisen der Catalanschmieden, sehr ungleich aus; es lieferte aber ein vorzügliches Material für die Cementstahlfabrikation.

Chenot jun. kam schliefslich mit seinem Verfahren auf den einfachen uralten Stückofen zurück. 1866 schlug nämlich E. C. A. Chenot vor, die Reduktion und Schweifsung in einem Schachtofen vorzunehmen, den Betrieb aber dadurch kontinuierlich zu machen, dafs man das Gestell des Ofens auf Räder stellte und dasselbe mit der Luppe nach jeder Charge fortfuhr, beziehungsweise umwechselte.

Auch Gurlts Gasprozefs liefs sich mit den reichen Erzen von Sommorostro ausführen, dies bewies Justino Delpon, der ihn zu Santa Ana de Bolueta bei Bilbao einführte und mit Erzen von San Juan de Sommorostro, die 65 Proz. Eisen und 7 Proz. Wasser enthielten, mit Erfolg betrieb. Die Reduktion geschah in Schachtöfen mit Gasfeuerung. Das Gas wurde aus Eichen- und Buchenkohlen erzeugt. Der Eisenschwamm (espónja), welcher noch die Form der Erzstücke hatte, wurde in untergestellte Wagen entleert und sogleich mit Kohlenstaub bedeckt. Der abgekühlte Schwamm wurde dann in Chargen von 85 kg geschweifst, wobei 42 kg Eisen übrig blieb[2]).

---

[1]) Siehe Berggeist 1863, S. 256.
[2]) Siehe Percy-Wedding, I, S. 602.

Digitized by Google

Andere Verfahren der Zugutemachung der Erze kamen mehr auf Uchatius' Erzstahlprozefs hinaus. W. H. Buckland wollte nach seinem Patent vom 9. März 1861 reiche Eisenerze, wie Hämatit, in einem gewöhnlichen Kupolofen mit Roheisen zusammen einschmelzen.

In ähnlicher Weise wollte G. Davies (Patent vom 28. August 1863 nach Mitteilung von A. L. Fleury) eisenreiche Schlacken oder Erze, indem er sie mit Kalk einband, im Kupol- oder Flammofen direkt auf Stahl oder Eisen verschmelzen, wobei er (nach seinem Patent vom 3. Mai 1864) vorher Roheisen einschmolz.

Uchatius' Prozefs selbst wurde in den sechziger Jahren noch zu Wikmanshyttan in Schweden mit Magneteisenstein ausgeführt.

Am 20. September 1866 nahm Charles William Siemens in England ein Patent auf seinen Erzstahlprozefs. Derselbe beruhte auf derselben Grundlage wie die seither beschriebenen Methoden, neu war nur die Verbindung mit dem Siemensschen Regenerativofen. Diese Neuerung war allerdings ausschlaggebend.

Die Einführung des Regenerativprincips bei den Eisenschmelzprozessen war ein Fortschritt von der gröfsten Tragweite für die ganze Eisenindustrie, ganz besonders für die Flufsstahlbereitung. Als die beiden Brüder Carl Wilhelm und Friedrich Siemens am 22. Januar 1861 das englische Patent für ihre Öfen mit Regeneratoren nahmen, sahen sie darin bereits das Schmelzen von Eisen, die Stahlbereitung und das Puddeln vor. Nur diese Verwendungen für die Eisenfabrikation sind in der Patentbeschreibung ausdrücklich angeführt, erschienen also den Erfindern, namentlich C. W. Siemens, von Anfang an als die wichtigsten. Indessen hatten die Versuche, die sie damals in Sheffield anstellten, keinen günstigen Erfolg[1]). 1862 nahm Charles Attwood eine Licenz, Stahl mit Hülfe von Regenerativöfen zu schmelzen, wofür ihm Siemens den Entwurf lieferte. Obgleich der Ofen sich bewährte, fiel aus anderen Gründen der Stahl schlecht aus, weshalb Attwood zum Schmelzen in Tiegeln zurückkehrte.

1863 hatte Le Chatelier in Frankreich ein Verfahren ausgearbeitet, um Stahl zu puddeln und die erzeugten Luppen in einem Regenerativgasofen in einem Bad von Gufseisen auf einem Bette von Bauxit einzuschmelzen. Um dieses Verfahren auszubeuten, erbauten die Herren Boigne, Rambour & Co. auf ihren Werken zu Montluçon unter Siemens' Anleitung einen Regenerativofen von grofser

---

[1]) Siehe On the regenerative gas furnace as applied to the Manufacture of cast Steel by C. W. Siemens, London 1868, p. 9.

Digitized by Google

Heizkraft. Als aber der Bauxitherd sich hob und das Gewölbe Schaden litt, gaben die Unternehmer, obgleich sie dem Ziel so nahe waren, die Sache auf.

Inzwischen hatten die Gebrüder Emile und Pierre Martin zu Sireuil von Siemens die Licenz erworben, den Regenerativofen zum Schmelzen von Stahl in Tiegeln oder auf offenem Herd anzuwenden. 1864 wurde ein Ofen erbaut, der zunächst nur als Glühofen dienen sollte, der aber aus so feuerfestem Material (Dinassteinen) hergestellt war, dafs man ihn auch zum Stahlschmelzen benutzen konnte. Obgleich dieser Ofen hierfür weniger geeignet war als die früher erbauten, so gelang es den Gebrüdern Martin trotzdem, mit demselben Stahl von verschiedenen Härtegraden auf dem offenen Herd zu schmelzen, wofür sie bei der Weltausstellung in Paris die goldene Medaille erhielten. Die Enttäuschungen durch den Mangel an Energie der früheren Unternehmer einerseits und die Erfolge der Gebrüder Martin in Frankreich andererseits hatte C. W. Siemens veranlafst, 1865 in Birmingham selbst einen Musterofen zum Stahlschmelzen zu erbauen, und zwar war dieser als Tiegelschmelzofen eingerichtet, während er 1867 einen zweiten aufführte, um Chargen von 24 Ctr. in 6 Stunden im offenen Herd zu schmelzen und darin seinen Erzstahlprozefs auszuführen. Für diesen und einen dafür dienlichen Schmelzofen hatte C. W. Siemens am 20. September 1866 sein wichtiges Patent (Nr. 2413) genommen. Den Ofen beschreibt er als eine überwölbte Kammer mit geneigter Sohle, an deren Ende sich der eigentliche Schmelzherd mit dem Abstich befindet. Unter der Kammer befinden sich zwei Regeneratoren für Gasfeuerung. Gemahlene Eisenerze, wie Hämatit und Magneteisenstein oder geröstete Spaterze, sollten mit einem geringen Zusatz von Flufsmitteln, wie Manganoxyd oder Mangankarbonat mit Fett, Teer oder ähnlichen kohlenstoffreichen Stoffen getränkt, und Kalk oder sonstige alkalische Substanzen, zuweilen mit einem Zusatz fester Kohle gemischt, durch Fülltrichter aufgegeben werden, so dafs sie auf die geneigte Sohle gelangen, wo sie von grofser Hitze und einem reduzierenden Gasstrom umspült werden. Das Eisen wird reduziert, schmilzt aus, und da die Charge auf den geneigten Boden allmählich herabgleitet, kann neue Beschickung eingefüllt werden, so dafs ein kontinuierlicher Betrieb stattfindet. Das geschmolzene Produkt war verschieden je nach Menge und Art der angewandten Reduktionsmittel, auch konnte man es durch Zusatz von Ferromangan, Spiegeleisen, Roheisen oder Schrott, oder auch durch Abstellen der reduzierenden Gase und Umrühren nach-

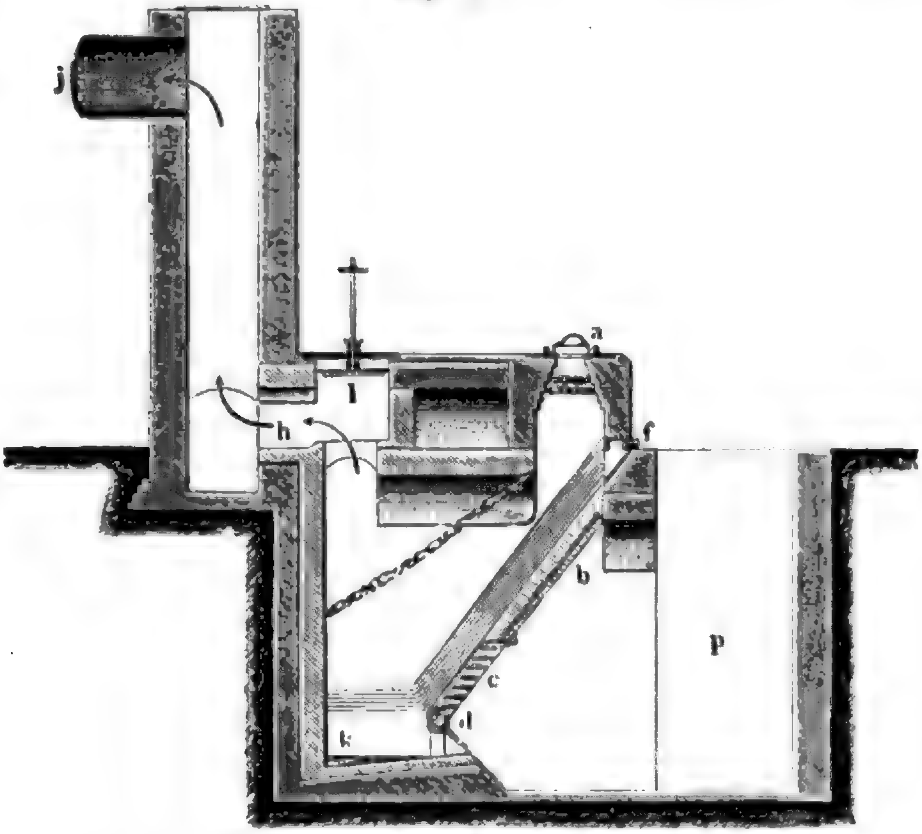
Digitized by Google

träglich ändern. Auf diese Weise sollte man nach Belieben geschmolzenes Gufseisen, Stahl oder Schmiedeeisen erhalten können.

Die Konstruktion des Ofens wurde in den nächsten Jahren etwas abgeändert, wie dies C. W. Siemens in seinem oben erwähnten Vortrag über den Erzstahlprozefs, den er am 7. Mai 1868 vor der British Association in London hielt, beschrieben hat.

Der Regenerativofen von Siemens besteht aus dem Gaserzeuger (Fig. 67) für Steinkohlen und den aus 4 Kammern bestehenden

Fig. 67.



Regeneratoren, die wir schon früher (Bd. IV, S. 818) erwähnt haben. Siemens stellt dabei folgende Regeln auf:

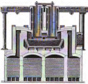
1. 6 Quadratfufs Regeneratorfläche entsprechen einem Pfund Steinkohle;
2. die Regeneratoren stehen am besten aufrecht, so dafs die Erhitzung von oben nach unten stattfindet;
3. sie sollen ferner tiefer stehen als die zu heizenden Öfen.

Fig. 68, 69 (a. f. S.) stellt den von Siemens verbesserten Erzstahlschmelzofen dar. Der Hauptunterschied gegen den oben beschriebenen Ofen besteht in der Anordnung der Fülltrichter und Reduktionskammern, die hier in senkrechte Cylinder verwandelt sind. *AA* sind die Aufgabecylinder für die Erze, *BB* die Aufgabecylinder für das Roheisen und *CC* Röhren, welche die reduzierenden Gase in die Erzmasse führen. Die Aufgabecylinder für die Erze bestehen aus einem weiteren Rohr

Digitized by Google

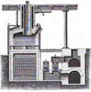
von Gufseisen, in welches ein engeres Rohr von feuerfestem Thon eingehängt ist und von den glühenden Gasen umspült wird. Jeder Cylinder wird erst mit einem viertel Centner Holzkohle gefüllt, welche die Unterlage für die Erzchargen bilden. Gleichzeitig werden 10 Ctr.

Fig. 68.



Roheisen durch die Thüren vorn und hinten aufgegeben, die, wenn sie geschmolzen sind, ein flüssiges Bad unter den Erzfüllcylindern bilden. Das reduzierte Erz löst sich, sobald es mit dem geschmolzenen Roheisen in Berührung kommt, in diesem auf. Diese Auflösung geht sehr rasch von statten, schneller als die Reduktion. Unreduziertes Erz dient zur Entkohlung des Roheisens. Siemens empfiehlt ein Gemisch von Hämatit und geröstetem Spat, da dieses die beste Schlacke bilde. Die Erze sollen etwa Erbsen- bis Walnufsgröfse haben. Nach 3 bis 4 Stunden ist der Herd genügend gefüllt. Man hört dann mit Aufgeben auf und schliefst die Füllcylinder mit einem Deckel von Gufseisen, der mit Lehm eingefugt wird. Ist alles Erz verschwunden, so nimmt

Fig. 69.



man Probe und setzt dann nach Bedarf 5 bis 8 Ctr. Spiegeleisen durch das Rohr *C* nach. Siemens schätzte nach seinen Messungen die durch die Regeneratoren erzeugte Hitze im Schmelzraum auf 4000° F. = 2200° C.

Wenn auch in der Praxis bei dem Erzstahlprozefs durchaus noch nicht alles so glatt ging, wie es Siemens in seinem Vortrag geschildert hatte, so bildeten doch das Patent von 1866 und der Vor-

Digitized by Google

trag von 1868 die Grundlagen des wichtigen Erzstahlprozesses von Siemens.

In Frankreich brachten 1868 Ponsard und Boyneval in Paris, angeregt durch die Erfolge Martins, ein direktes Verfahren in Vorschlag, das mit dem Siemensschen grofse Ähnlichkeit hatte. Auch hierbei geschah die Feuerung mit Regeneratoren; der Schmelzraum war eine Kammer, in der, statt der Füllcylinder, eine Anzahl Tiegel ohne Böden standen, welche beschickt wurden. Je nach der Beschickung sollte man Roheisen, Stahl oder weiches Eisen erzeugen können. Die ausgeschmolzene Masse sammelte sich auf einem Herd. Die Versuche wurden mit elbanischen Erzen gemacht. Fast dasselbe Verfahren wurde von Johnson in den Vereinigten Staaten am 22. Januar 1868 patentiert[1]).

Alle angeführten direkten Prozesse verlangen sehr reine, reiche Eisenerze und haben dadurch nur eine beschränkte Anwendbarkeit.

Reinigen und Verfrischen des Roheisens.

Ein neues, ähnliches Verfahren, welches aber kein fertiges Produkt, sondern nur eine Vorbereitung oder Feinen des Roheisens bezweckte, war der in Amerika von Ellershausen um 1868 erfundene Mischprozefs[2]). Zu seiner Ausführung diente ein grofser eiserner Ringkasten von ca. 6 m Durchmesser, der in viele Abteilungen geteilt war und sich durch ein Triebwerk um seine vertikale Achse drehte.

Von dem Schmelzofen aus gelangt das flüssige Roheisen durch eine Rinne zu dem Apparat und fliefst in einem flachen Strahl in die sich darunter fortbewegenden Abteilungen. Gleichzeitig rieselt aus einem Troge ein Strahl von gepulvertem Erz derart zu, dafs er von dem flüssigen Eisen getroffen wird und sich mit diesem mischt. Bei dieser Mischung soll das Eisenoxyd eine reinigende Wirkung auf das Roheisen ausüben. Die chemische Einwirkung kann aber, da das Eisen in Berührung mit dem kalten Erz sofort erstarrt, nur gering sein und sich höchstens auf eine teilweise Abscheidung des in dem Roheisen enthaltenen Siliciums beschränken. Dafs das erstarrte Roheisen im Bruche weifs erscheint, dürfte mehr von der Abschreckung als von der chemischen Veränderung herrühren.

---

[1]) Siehe Osborn, The Metallurgy of Iron and Steel 1869, p. 868.

[2]) Siehe Berg- und Hüttenm. Ztg. 1869, S. 451; Percy-Wedding, III, S. 45; Osborn, Metallurgy of Iron and Steel 1869, p. 860; Ztschr. des Vereins deutsch. Ing. 1869, S. 494.

Digitized by Google

Jede Abteilung des Ringes soll ca. 125 kg fassen. Bei Schönberger & Co. zu Pittsburg, wo der Prozefs zuerst unter des Erfinders Leitung ausgeführt wurde, mischte man 30 Proz. Magneteisenerz zu 70 Proz. Roheisen, welches mit Koks aus Erzen vom Lake Superior erblasen war. Die Umdrehung des Apparates erfolgte nur langsam, dennoch füllte sich jedes Fach erst nach 7 bis 8 Umgängen. Die Kuchen aus Erz und Roheisen wurden ausgehoben und zu je 4 in einen Puddelofen eingesetzt. Der Frischprozefs verlief viel schneller, als dies sonst der Fall war, auch zerflossen die Kuchen nicht, sondern behielten ihre Form ziemlich unverändert bei. Nach einer halben Stunde schweifste die ganze Charge zu einer Masse zusammen, die in 8 Luppen zerteilt wurde. Diese wurden gezängt und gewalzt und gaben unmittelbar ein brauchbares Schmiedeeisen von guter Qualität und schönem Bruch.

In einem Bericht der Herren Schönberger & Co. vom März 1869 wird mitgeteilt, dafs sie über 3000 Tonnen Roheisen nach Ellershausens Verfahren zu Hufstahl, Blech und Nageleisen von vortrefflicher Qualität verarbeitet hätten. Dieser Erfolg veranlafste die Einführung des Prozesses auf Burdens Eisenwerken zu Troy (N. Y.) in grofsartigem Mafsstab und in direkter Verbindung mit dem Hochofen. Der Drehring (turn table) hatte 26 Fufs (8,8 m) Durchmesser und 1,36 m Breite, die in drei Abteilungen in dieser Richtung, also in drei konzentrische Ringe geteilt war. Der Ring fafste einen ganzen Abstich von 7500 kg. Man schlug 25 Proz. Magneteisenstein zu. Auf Veranlassung von J. P. Speer in Pittsburg untersuchte Dr. Wurth die chemischen und technischen Vorgänge genauer[1]. Er konstatierte ein Mehrausbringen von 5 Proz. und eine Produktionsvermehrung von 11 : 6.

Ferner wurde der Prozefs eingeführt bei Lyon, Short & Co. in Pittsburg und bei der Westerman Iron Comp., in Scharon. Überall erhielt man nach den Berichten sehr befriedigende Resultate. An allen diesen Plätzen wendete man aber auch nur hervorragend gute Materialien, namentlich ausgezeichnet reine Erze an. Ganz anders waren die Ergebnisse in Dowlais, als man das Verfahren mit dem dortigen Roheisen und den dortigen Erzen ausführen wollte. Nach wiederholten Mifserfolgen mufste man die Versuche wieder aufgeben.

Nach Weddings Ansicht kann eine Beschleunigung des Frischprozesses nur bei reinem Roheisen und eine Verbesserung des Produktes

---

[1]) Siehe Osborn a. a. O., p. 865.

Digitized by Google

nur durch den Zusatz reiner, reicher Erze eintreten. Mit denselben Materialien und bei gleicher Sorgfalt würde man aber auch bei dem gewöhnlichen Puddelprozefs gleich gute Resultate erzielen.

Ganz denselben Zweck verfolgte ein von J. Palmer Budd in Ystalifera (1869) vorgeschlagenes Verfahren, wonach die gufseisernen Masselformen mit einem Brei von Hämatit und etwas Natronsalpeter ausgestrichen und dann das flüssige Roheisen hineingeleitet wurde. Hieran schliefst sich der Vorschlag, das Puddelroheisen statt in Sand in Hochofenschlackenpulver abzustechen.

J. H. Johnson in London und Adrien Müller zu Paris nahmen 1863 ein Patent, die Reinigung des Roheisens oder direkte Darstellung von Eisen und Stahl durch Einblasen von gepulvertem Eisenoxyd in den Hochofen zu bewirken, was also auf das alte Verfahren des „Fütterns“ hinauskommt.

Die Reinigung des Roheisens, besonders von Schwefel und Phosphor, durch andere Zusätze bezweckte 1865 J. Nicklés Feinprozefs durch Einblasen von Chlorkalium, Chlornatrium oder Salmiak und C. Wintzer durch Zusatz von Chlorcalcium oder Einblasen von Chlorgas. Vordem hatten bereits Augustin Eisenchlorid, Tessié du Motay 1857 ein Gemisch von Eisenoxyden mit Chloriden, Couaillac 1861 ein Gemisch von Kochsalz, Walzschlacke und kohlensaurem Kalk als Reinigungsmittel vorgeschlagen.

Die Reinigung durch Bleioxyd nach Richters Vorschlag wurde 1864 auf der gräfl. Henckel-Donnersmarkschen Hütte in Österreich versucht. P. Budd wollte Natronsalpeter als Reinigungsmittel anwenden.

Henderson schlug 1870 ein Gemenge von gemahlenem Flufsspat und Eisenoxyd, mit dem er ebenfalls die Masselformen vor dem Abstich ausstreichen wollte, vor. Schon früher hatte Caron 1868 Flufsspat und Kryolith empfohlen und Bowron und G. Lunge hatten darauf in England ein Patent genommen.

Die Reinigung durch Wasserdampf wurde wieder von verschiedenen in mancherlei Weise vorgeschlagen. J. Rossiwal und A. Weniger verbanden sie 1864 mit dem Puddelprozefs, worauf wir noch zurückkommen werden. Das Feinen durch gewöhnlichen Wind suchten Bacon, Thomas & Grove (1870) dadurch zu verbessern, dafs sie das flüssige Eisen in dünnen Strahlen, Ch. Peters (Trenton) sogar in Tropfen dem Wind aussetzten. Auch diese Vorschläge waren, wie wir wissen, nicht neu (vergl. Martiens Patente von 1856, Bd. IV, S. 909).

Digitized by Google

Die Schweißeisenbereitung 1861 bis 1870.

Die Verwandlung des Roheisens in Schweißeisen und Stahl im Frischherd mit Holzkohlen wurde mehr und mehr verdrängt durch den billigeren Puddelprozeß mit Steinkohlen und durch das Bessemern. Nur in dem holzreichen Schweden behauptete sie sich als das bevorzugte Verfahren der Schmiedeeisenbereitung, doch suchte man auch hier sie durch Verbesserungen ökonomischer zu machen. Diese bestanden in erster Linie darin, daß man die offenen Ausheizfeuer durch Gasflammöfen ersetzte, wodurch man eine bedeutende Brennmaterialersparung erzielte. Sodann verbesserte man die Frischfeuer. In allen größeren Hütten führte man geschlossene Lancashirefeuer ein, während auf den kleineren Hammerwerken die vorteilhaftere Franchecomtéschmiede die alte deutsche Aufbrechschmiede verdrängte. Auch führte man vielfach Walzwerke statt der Hämmer ein.

Fig. 70.

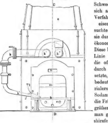
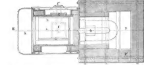


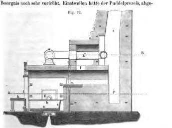
Fig. 71.



In welcher Weise die schwedischen Lancashirefeuer verbessert wurden, ersieht man aus der Abbildung von Grill aus Percys Iron and Steel (Fig. 70, 71, 72, 73, S. 102).

Auch der Puddelprozefs wurde durch den ungeheuren Aufschwung des Bessemerprozesses bereits in den Schatten gestellt, ja es verbreitete sich mehr und mehr die Ansicht, dafs seine Tage gezählt seien, dafs er sich gegenüber dem einfacheren Bessemer- und Martinprozefs nicht mehr lange würde behaupten können. Doch war diese Besorgnis noch sehr verfrüht. Einstweilen hatte der Puddelprozefs, abge-

Fig. 73.



sehen davon, dafs ihm die historische Erfahrung, sowie die gröfsere Billigkeit der Anlagekosten zur Seite standen, noch den grofsen Vorzug vor den genannten neuen Prozessen, dafs man bei ihm alle Roheisensorten, auch die geringeren, verarbeiten konnte, während die neuen Prozesse nur reine, namentlich phosphorfreie Roheisensorten verlangten. Und wenn auch auf der einen Seite die Verwendung des Puddeleisens, namentlich für die Schienenfabrikation, durch den Bessemerstahl beschränkt wurde, so fand auf der anderen Seite ein vermehrter Verbrauch von Puddeleisen für die Herstellung von Façoneisen, dessen Verwendung in dieser Periode aufserordentlich zunahm, statt.

Welche Bedeutung und welchen riesigen Umfang der Puddelbetrieb in England hatte, geht daraus hervor, dafs 1867 die jährliche

Digitized by Google

Produktion $1^1/_2$ Millionen Tonnen, die einen Wert von ca. 9 Millionen Pfund Sterling repräsentierten, betrug.

Die Puddeleisenfabrikation nahm gegenüber der neuen Flufseisen- und Flufsstahlfabrikation eine starke Verteidigungsstellung ein, die sie

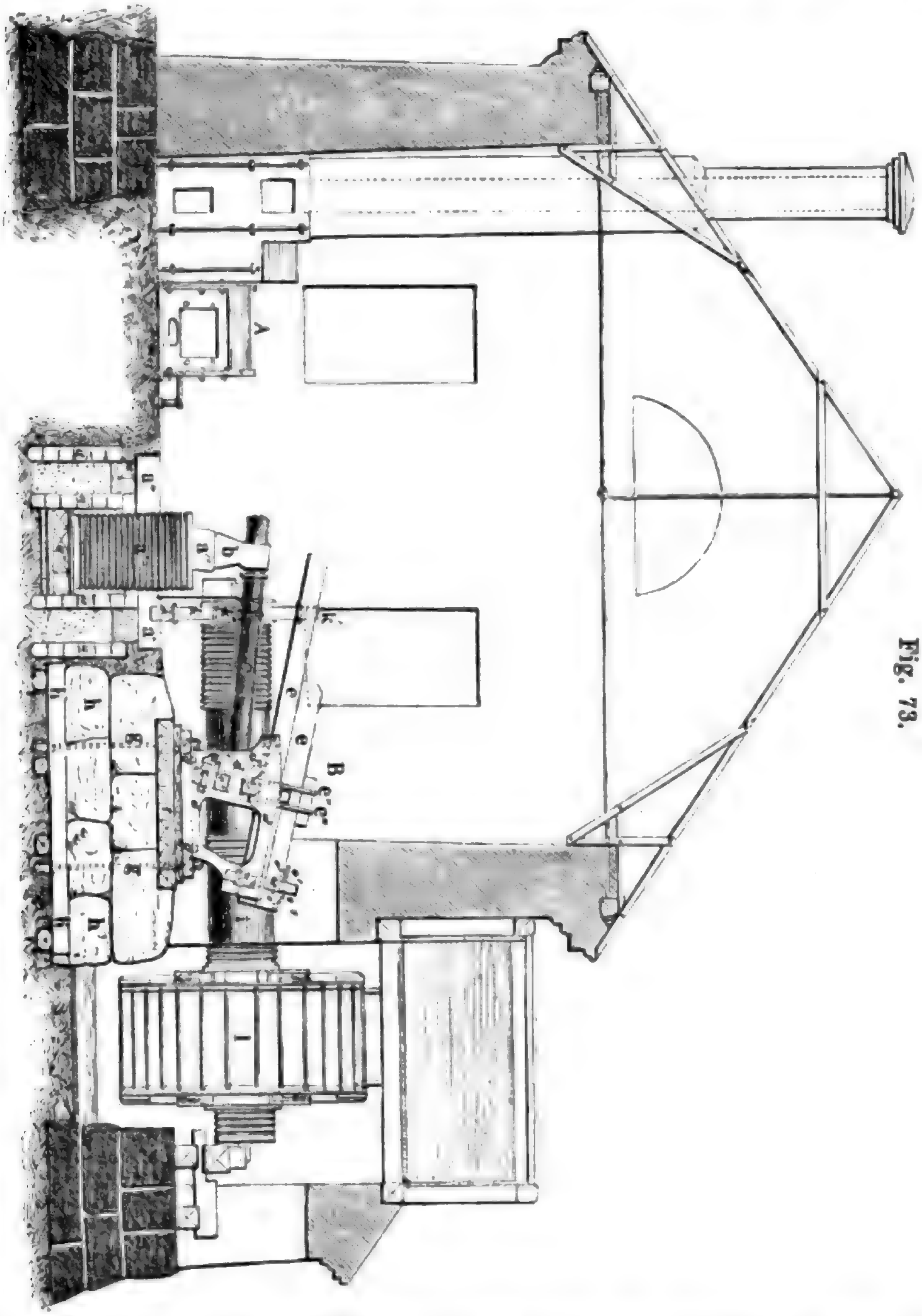


Fig. 73.

durch eine Reihe von Verbesserungen sowohl der Herstellung als der Verbreitung des Puddeleisens verstärkte.

Hierzu trug das immer mehr zunehmende Verständnis der chemischen Vorgänge bei dem Puddelprozefs wesentlich bei.

Digitized by Google

Johnson und Calvert hatten durch ihre wichtige Untersuchung hierfür die Grundlage gelegt. Das Ergebnis derselben, welches feststellte, dafs beim Puddeln zunächst das Silicium oxydiert wird, dafs dann in der Kochperiode die Abscheidung des Kohlenstoffes beginnt, aber erst am Ende derselben rascher verläuft, wurde durch die Untersuchungen von Price und Nicholson und namentlich von Lan[1]), Professor der Metallurgie in St. Etienne, bestätigt. Lan und nach ihm Gruner hoben besonders hervor, dafs nicht der Sauerstoff der Luft oder der Flamme die Oxydation direkt bewirkt, sondern dafs dies durch Vermittelung der Schlacke, also nicht nur an der Oberfläche, sondern durch die ganze Masse geschieht, wenn Eisen und Schlacken gehörig durcheinander gerührt werden. Während Calvert und Johnson das Roheisen in den verschiedenen Stadien des Puddelprozesses analysiert hatten, untersuchte Lan in gleicher Weise die Schlacken. Denselben Weg schlug in Deutschland List in Hagen 1860 ein[2]). Lists Analysen haben vor denen Lans den Vorzug, dafs jener genau die Menge des Eisenoxyds neben dem Eisenoxydul bestimmte. Daraus ergab sich, dass die basische Schlacke, welche vor dem Einsetzen des Roheisens in dem Puddelofen geschmolzen war, bei dem Schmelzen des Roheisens einen grofsen Teil ihres Oxydgehaltes durch die reduzierende Wirkung des metallischen Eisens verliert, während dieser Oxydgehalt nach dem Eintritt des Kochens bis zum Herausnehmen der letzten Luppe fortwährend wieder zunimmt. Die Schlacke wird bei dem Einschmelzen des Roheisens nicht basischer, sondern saurer, weil das Silicium zuerst oxydiert wird und als Kieselsäure in die Schlacke eintritt.

Schilling untersuchte 1863 die chemischen Vorgänge in einem Holzgaspuddelofen zu Zorge, wo Holzkohlenroheisen auf Stahl verpuddelt wurde. Er analysierte sowohl das Roheisen als die Schlacke in bestimmten Zeitabschnitten. Die Analysen der Schlacken zeigten einen sehr gleichbleibenden Silizierungsgrad und ein durchschnittliches Sauerstoffverhältnis zwischen Basen und Säure, wie 18,212 : 11,687. Die Ergebnisse wichen in verschiedenen Punkten von den beim Puddeln des Eisens mit Steinkohlen erhaltenen Resultaten ab.

Von grofsem Interesse sind die Analysen, welche Drassdo um dieselbe Zeit auf der Königshütte in Oberschlesien von Eisen und Schlacken einer Puddelcharge von grauem Eisen, die mit Steinkohlen

---

[1]) Annales des Mines, t. V, sér. 15, livr. 1ère, p. 85.
[2]) Siehe Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1860, S. 472.

Digitized by Google

auf Feinkorneisen verfrischt wurde, machte[1]). Er stellte es sich zur Aufgabe, möglichst alle Verhältnisse zu berücksichtigen und seine Untersuchung ebensowohl auf die Veränderungen des Eisens als der Schlacke zu erstrecken. Der ganze Vorgang verlief in 2 Stunden und 8 Minuten. In der Einschmelzperiode schieden sich Silicium, Mangan und Phosphor grofsenteils ab, das Eisenoxyd wurde reduziert. Nach 1 Stunde und 3 Minuten war das Einschmelzen vollendet und begann die Verdickungsperiode. In dieser nahm der Eisenoxydgehalt der Schlacken etwas zu, der Kohlenstoffgehalt langsam ab; sie dauerte etwa 20 Minuten. Dann folgte die Koch- und Garperiode, während der die Schlacke basischer wurde und der Kohlenstoff abnahm. Das Kochen dauerte etwa 15 Minuten, das Garen und Luppenmachen 30 Minuten.

Eine wichtige Frage, welche durch die vorstehenden Untersuchungen nicht genügend aufgeklärt wurde, war die der Abscheidung des Phosphors in den verschiedenen Stadien des Puddelprozesses.

Im Allgemeinen wurde im Verlauf desselben ein beträchtlicher Teil des Phosphors abgeschieden und dies war besonders gegen das Ende der Fall. Es erregte dies jetzt die Aufmerksamkeit der Metallurgen um so mehr, weil im Gegensatz dazu bei dem Bessemerprozefs gar keine Abnahme des Phosphors stattfand. Seither hatte man sich damit begnügt, anzunehmen, dafs die Abscheidung des Phosphors bei dem Puddelprozefs die Folge der Einwirkung des Sauerstoffs der Luft, der Oxydation sei. Da aber bei dem Bessemerprozefs die Einwirkung der Luft ebenfalls und zwar noch viel energischer zur Wirkung kam, ohne den Phosphor aus dem Eisen auszutreiben, so konnte diese Erklärung nicht mehr genügen. John Percy hat das Verdienst, die richtige Lösung der Frage gefunden zu haben[2]). Er hatte zuerst schon im Jahre 1856, als Bessemer ihm seinen Prozefs in Baxterhouse zeigte, durch Analysen des Eisens und der Schlacke die wichtige Thatsache nachgewiesen, dafs der Phosphor bei diesem pneumatischen Prozefs nicht abgeschieden werde. Indem er darüber nachdachte und die Vorgänge beim Bessemern und beim Puddeln miteinander verglich, kam er zu der Ansicht, dafs bei letzterem Phosphoreisen aus dem garenden weichen Eisen aussaigert, was bei dem Bessemern, wo alles Metall flüssig bleibt, nicht der Fall sein kann. Percy schreibt: „Im Puddelofen scheidet sich das Eisen, sobald es frischt oder gart (comes

---

[1]) Siehe Ztschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-W. im preufs. Staate 1863, XI, 178; Wedding, Eisenhüttenkunde, III, S. 240.

[2]) Siehe Percy, Iron and Steel 1864, p. 663.

Digitized by Google

to nature) in einem halbfesten oder etwas pastosen Zustand aus und ist nicht flüssig geschmolzen wie beim Bessemerprozefs, indem die Temperatur in ersterem Falle auch viel niedriger ist als in letzterem, wo durch Verbrennen von Eisen eine ungeheuere Hitze entwickelt wird. Die Bildung und Haltbarkeit dieser wachsartigen Luppen im Puddelofen, die, nachdem sie zusammengestellt sind, beträchtlich aus dem Schlackenbad hervorragen, giebt Gelegenheit zum Ausschmelzen oder Ausschwitzen (Aussaigern) der flüssigeren Verbindungen, wie es das Phosphoreisen ist, und auf diese Weise findet nach meiner Meinung die Entfernung des Phosphors grofsenteils statt." Diese einfache Erklärung hat viel zum Verständnis der verschiedenen Frischprozesse beigetragen.

Wedding veranlafste 1865 besondere Versuche auf der Königshütte in Schlesien[1]), um festzustellen, wie die Abscheidung des Phosphors in den verschiedenen Perioden des Puddelprozesses von statten gehe. Das Roheisen, wie es vom Hochofen kam, hatte 0,497 Proz. Phosphor; nach dreistündigem Feinen im Flammofen enthielt es 0,514 Proz., nach vierstündigem 0,570 Proz. Dasselbe Roheisen mit 0,497 Proz. Phosphor in den Feinkornpuddelofen eingesetzt, zeigte nach dem Einschmelzen 0,450 Proz., beim Beginn des Aufkochens 0,298 Proz., während die erzeugten Feinkornrohschienen 0,100 Proz. und daraus dargestellte Sehnenrohschienen nur 0,070 Proz. Phosphor enthielten. Es war also im Anfang eine sehr geringe Entphosphorung und erst am Ende des Prozesses eine starke Befreiung von Phosphor eingetreten.

Aus diesen und anderen Versuchen geht hervor, dafs eine hinreichend vollständige Abscheidung des Phosphors nur bei der Erzeugung von Schmiedeeisen, weniger bei Feinkorneisen und noch weniger bei Stahl stattfindet, was sich aus der Theorie des Aussaigerns des Phosphoreisens leicht erklärt.

1865 machte Oscar Schrader[2]) in Düren chemische Untersuchungen der Schlacken und des Eisens in den verschiedenen Stadien des Stahlpuddelns. Er wies dabei nach, dafs der Kohlenstoff des Roheisens Eisen aus der Schlacke reduziert, wodurch ein günstigeres Ausbringen erzielt wird. Daraus erhellt, warum bei gleichem Mangan- und Kieselgehalt ein kohlenstoffreicheres Eisen mehr Gewicht liefert als kohlenstoffarmes. C. W. Siemens veröffentlichte 1868 Versuche, die beweisen sollen, dafs die Oxydation beim Puddeln nur durch die

---

[1]) Siehe Preufs. Ztschr. XIV, S. 156; Wedding a. a. O., III, 244.
[2]) Ztschr. d. Vereins deutsch. Ingen., IX, p. 446.

Digitized by Google

Schlacken bewirkt wird. Wedding läfst dies aber für die Oxydation des Siliciums nicht gelten und weist darauf hin, dafs die Oxydation der Schlacken doch wieder durch die Flamme erfolge und ein Zutritt von Sauerstoff aus dieser immer stattfinden müsse.

Deshalb sind auch die Feuerung und die Luftzuführung für die Ausführung des Puddelprozesses am wichtigsten und auch in den sechziger Jahren waren die bemerkenswertesten Bestrebungen zur Verbesserung des Puddelns auf die Verbesserung der Heizung gerichtet.

Für die Rostfeuerungen wurden viele Vorschläge gemacht. Zahlreiche Roststabformen wurden patentiert, z. B. von Warren J. Hill, J. H. Johnson, James Robertson, Harrison und anderen. In Amerika wendete man gezogene, schmiedeeiserne Röhren vielfach für Roststäbe an.

Bewegliche Roste, die den unteren Teil von geneigten Rosten bildeten, wurden Anfang der sechziger Jahre in Belgien eingeführt. Drehbare Roste wurden 1868 in Frankreich patentiert. Schon früher war in Deutschland der Schüttelrost von Hofmann aufgekommen. Eugen Langens Etagenrost wurde schon 1860 in westfälischen und rheinischen Hüttenwerken mit Erfolg verwendet. Bei Daelens Doppelrostfeuerung wurde das Brennmaterial auf dem ersten Rost vergast und verkokt, auf dem zweiten mit Unterwind verbrannt. Wintzer konstruierte eine ähnliche Feuerung mit drei hintereinander liegenden Rosten für verschiedene Kohlen. E. B. Wilsons Rostfeuerung, die auf der Miltonhütte bei Barnsley zuerst angewendet wurde, war eine Kombination von geneigtem und geradem Rost. Die Feuerung zu E. B. Wilsons Schweifsofen[1]) (Fig. 74) ist schon als ein Gasgenerator anzusehen, der allerdings unmittelbar mit dem Verbrennungsraum verbunden ist. Die Thüre *A* war zugleich der Rost.

Die Anwendung des Unterwindes, die zuerst zu Ebbw Vale in Südwales, dann in den fünfziger Jahren in Deutschland eingeführt worden war, fand gröfsere Verbreitung. Der Wind wurde durch Ventilatoren erzeugt. Ein Ventilator von 2,5 m Durchmesser und 600 Umdrehungen in der Minute bediente auf der Herminenhütte in Oberschlesien zehn Puddel- und fünf Schweifsöfen. Der Aschenfall der Öfen war hierbei geschlossen. Versuche auf der Britonferryhütte bei Neath, den Unterwind bei offenem Aschenfall zuzuleiten, hatten wie leicht einzusehen, keinen Erfolg. Gab man das Brennmaterial in dickeren Lagen auf, so dafs sich kohlenoxydreiche Verbrennungs-

---

[1]) Siehe Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1869, S. 207, Taf. VII, Fig. 1 bis 3.

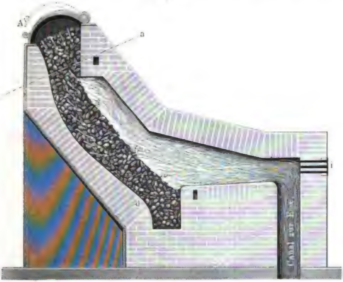
Digitized by Google

produkte bildeten, und wendete man zu deren Verbrennung Oberwind an, so hatte man den Übergang zu den Gasgeneratoren.

Nur Oberwind wendete man 1866 zu Ebenau in Österreich bei Torfpuddelöfen an.

Immer gröfsere Wichtigkeit erlangte die Gasfeuerung. Als eine wichtige Verbesserung hierbei ist die von Lundin in Schweden bei seinem Holzgasofen angewendete Kondensation mit Wasserkühlung hervorzuheben. Ihr Zweck war, den reichlichen Wasserdampf in dem

Fig. 74.



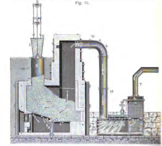
Holzgas zu kondensiren und diesem dadurch eine höhere Heizkraft zu verleihen. Die Idee war nicht neu, indem Paduschka dieselbe bereits 1854 bei Glasschmelzöfen ausgeführt hatte, aber die Ausführung und die Anwendung beim Puddelofen waren neu. Lundins Brennmaterial waren nasse Sägespäne, die bei den schwedischen Hüttenwerken, die fast immer mit grofsen Holzschneidereien verbunden waren, leicht und billig beschafft werden konnten. Fig. 75 (a. f. S.) stellt den Lundinschen Gasgenerator mit dem Kondensationsapparat dar. Der Verbrennungswind tritt von unten durch das Windrohr A in den Generator, die Kondensation erfolgt durch die Brausen dd und durch das Wasser, welches aus dem Rohr O über die kreuzweise gelegten Eisenstangen in der Kammer R tröpfelt. Durch die Abkühlung wird der grofse

Digitized by Google

Gehalt an Wasserdampf in den Generatorgasen niedergeschlagen und dadurch der Effekt der Gase trotz der Abkühlung bedeutend erhöht.

Von viel gröfserer Wichtigkeit und allgemeinerer Anwendbarkeit war die Verwendung der Gasgeneratoren und Regeneratoren von Siemens bei den Puddelöfen, wodurch die Verwendung der Steinkohlen für den Gasbetrieb eingeführt wurde. C. W. Siemens hat den Wert und die Bedeutung seiner Verbesserung hierfür zuerst in einem

Fig. 75.



Vortrage bei der Versammlung der British Association zu Norwich 1868 öffentlich dargelegt[1]). Er weist darin auf die Mängel des seitherigen Verfahrens und der gebräuchlichen Öfen hin, insbesondere auf den grofsen Verlust, der am Schlusse des Puddelprozesses durch den unvermeidlichen Überschufs von Sauerstoff bei scharfer Rostfeuerung und die Verbrennung des Eisens in den der Flamme ausgesetzten Luppen entsteht. Indem er von der Annahme ausgeht, dafs die Oxydation des Siliciums und des Kohlenstoffs durch das Eisenoxyd in der Schlacke

[1]) Er wurde gedruckt unter dem Titel: On Puddling Iron by C. W. Siemens. London 1868.

Digitized by Google

allein bewirkt werde, berechnet er, dafs, wenn bei dem Puddelprozefs 2 Prozent Silicium und 3 Prozent Kohlenstoff und kein Eisen oxydiert würde, ein Mehrgewicht an Eisen von 11,1 Prozent durch Reduktion aus der Schlacke erzielt werden müfste, während in Wirklichkeit sich ein Mindergewicht von 12 Prozent ergiebt. Siemens hat durch seine

Fig. 76.

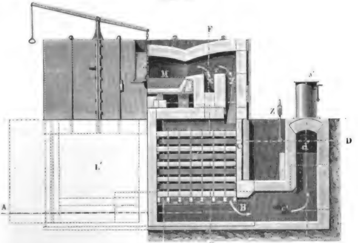


Fig. 77.

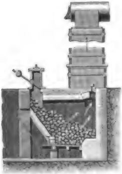
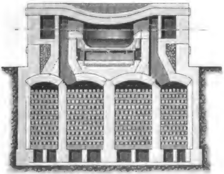


Fig. 78.



Gasheizung mit Regeneratoren (Fig. 76, 77, 78) nicht nur ein Mittel an die Hand gegeben, die Temperatur beim Puddelprozefs sehr zu steigern und den Verlauf des Prozesses zu beschleunigen, sondern auch nach Belieben die Flamme oxydierend oder reduzierend zu machen. Durch Vorwärmen des Roheisens wird die Chargenzeit noch weiter

Digitized by Google

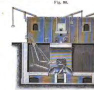
abgekürzt. Die hohe Temperatur am Ende des Prozesses soll ein vollkommneres Aussaigern von Phosphoreisen und Schwefeleisen, infolgedessen ein reineres Produkt bewirken.

Siemens erzielte nach seinen Angaben bei seinem Verfahren aus Chargen von 424 Pfund Roheisen ein Ausbringen von 413 Pfund gepuddeltem Eisen, also nur 2,6 Proz. Abgang, während dasselbe Eisen in dem gewöhnlichen Puddelofen aus 484 Pfund Roheisen 426 Pfund weiches Eisen, also 12 Prozent Abbrand ergab.

Im Juni 1868 erhielt Siemens, nach Einführung einer besseren Kühlung des Ofens, sogar einen Überschufs an Puddeleisen über den Einsatz, indem mehr Eisen aus der zugesetzten Garschlacke reduziert wurde, als durch die Flamme verbrannte.

Fig. 79.

Fig. 80.



Der Gaspuddelofen (Fig. 79, 80) verarbeitete 18 Chargen in 24 Stunden, während der frühere Puddelofen nur 12 Chargen zuliefs. Der Verbrauch an garen Zuschlägen (Fettlings) war anfangs bei dem Siemensofen gröfser, wurde aber durch Wasserkühlung der Feuerbrücke und des Bodens auf die gleiche Höhe gebracht. Die Ersparung an Brennstoff schätzte Siemens auf 40 bis 50 Prozent, wobei aufserdem geringeres Brennmaterial angewendet werden konnte. Siemens empfahl ferner die Benutzung mechanischer Puddler.

Die erste Anwendung von Siemens' Puddelverfahren geschah auf den Werken der Bolton-Stahl- und Eisen-Gesellschaft in Lancashire. Diesem folgte in England die Monkbridge E. G. bei Leeds, während um dieselbe Zeit schon eine beträchtliche Zahl solcher Öfen auf dem Kontinent erbaut wurden, so in Österreich ein 1868 erbauter, mit

Digitized by Google

Torfgasen betriebener Regenerativpuddelofen zu Buchscheiden und zwei von v. Panz 1869 errichtete Stahlpuddelöfen zu Sava.

Auf der Weltausstellung in Paris 1867 war sehr guter Werkzeugstahl von J. A. Gregorini von Lovere (Lombardei) ausgestellt, der im Puddelofen mit Siemens' Regenerator dargestellt war. Aus diesem Stahl wurden die Bohrer für den Mont-Cenis-Tunnel gemacht.

Übrigens fielen die Resultate durchaus nicht überall so günstig aus, wie sie Siemens in seinem Vortrage geschildert hatte. Wie alle neuen Erfindungen, mufste auch diese erst ihre Probe- und Lehrzeit durchmachen.

In Deutschland führten die Gebr. Servais zu Weilersbach bei Trier die ersten Siemens-Generatorpuddelöfen 1869 ein. In Frankreich waren es die Herren de Wendel, die namentlich auf ihren Eisenwerken zu Stiring in Lothringen die Siemens-Puddelöfen mit dem mechanischen Puddler von Dumény und Lemut verbanden.

Ehe wir auf die letzterwähnte Verbesserung näher eingehen, müssen wir noch einiges über Brennmaterialien und Feuerung zusammenstellen.

Auf der Maximilianshütte bei Bergen in Bayern betrieb man 1862 Puddel- und Schweifsöfen mit direkter Torffeuerung.

W. Parson verwendete 1861 Anthrazit als Brennmaterial, indem er über dem Rost Dampf von 7 Pfd. Überdruck und Gebläseluft von 2 Pfd. Überdruck pro Quadratzoll einleitete.

Frederic Levick zu Coalbrookdale verwendete um dieselbe Zeit aufser dem gewöhnlichen Brennmaterial Wasserstoff und Kohlenoxydgas, aus Wasserdampf, der über glühende Kohlen strich, erzeugt. Zu diesem Zweck befand sich neben dem Puddelofen ein Gasgenerator. Das Gasgemenge liefs er in der Nähe der Feuerbrücke einströmen.

Zu Mandelholz auf dem Oberharz wurde 1864 mit Torfgas gepuddelt[1]).

Ende der sechziger Jahre tauchte die Halbgasfeuerung von Boetius auf. Sie sollte die kostspieligen Generatoren durch eine einfachere Anlage ersetzen, welche sich an jedem Puddelofen ohne grofse Kosten anbringen liefs. Der geneigte Rost lag sehr tief, so dafs über demselben ein schachtförmiger Raum sich befand, der als Gasgenerator diente. Die Verbrennungsluft wurde in einem System von Kanälen, welche den Feuerschacht umgaben, erhitzt und trafen in Strahlen die Gase über der Feuerbrücke. Diese billige Gasfeuerung,

---

[1]) Siehe Lorenz, in Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1865, S. 312.

Digitized by Google

die aber lebhaft an die ersten Generatoröfen erinnert, fand grofsen Beifall.

Der Ersatz der beschwerlichen Rührarbeit mit der Hand beim Puddeln durch Maschinenkraft wurde in den sechziger Jahren vielfach versucht, ohne zu einer befriedigenden Lösung der Aufgabe zu führen. Des früheren Versuches von Schafhäutl (1836) haben wir im IV. Band gedacht, ebenso der Rührer von Newton (1857) und Jeremiah Brown (1858).

Fig. 81.

1862 führten Dumeny und Lemut ihren mechanischen Puddler zu Closmortier bei St. Dizier ein[1]). Der Hauptteil derselben war wie bei dem Apparat von Schafhäutl die Rührkrücke, welche durch ein Hebelwerk mittels Kurbelscheiben u. s. w. bewegt wurde. Das Ausheben der Krücke geschah durch eine Daumenscheibe. Die Thätig-

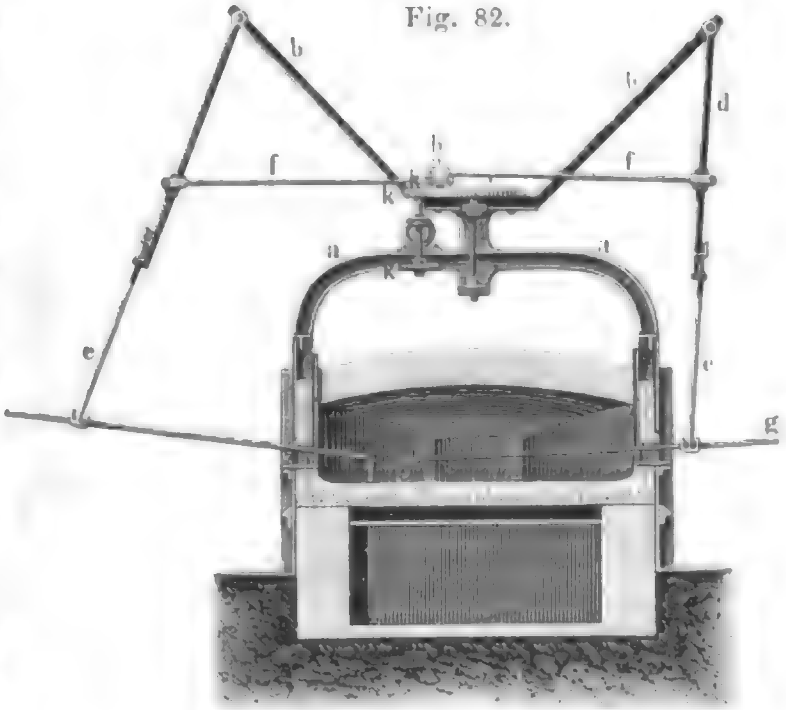
[1]) Vgl. Annales des Mines 1862, Nr. 6; Zeitschrift des Ver. deutsch. Ingen. VIII, S. 459; Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1863, S. 178.

Digitized by Google

keit des Apparates beschränkte sich auf die Arbeit des Rührens. Es wurde empfohlen, gröfsere Puddelöfen mit mehreren Rührkrücken (Kratzen) anzuwenden. In England führte R. A. Brooman diesen Apparat, wofür er am 29. Januar 1862 ein Patent nahm, ein.

Die mechanischen Puddler fanden besonders auf den lothringischen Eisenwerken an der Mosel Eingang, wo sie sowohl mit gewöhnlichen, als mit Regeneratorpuddelöfen verbunden wurden. Häufig wendete man sie zu zwei oder vier bei Doppelpuddelöfen an. Über die damit erzielten Resultate verweisen wir auf einen Bericht von Kosmann[1]).

Fig. 82.



Der Puddelapparat von Ponsard (1870) war nur eine Nachahmung des Richardsonschen, der weiter unten beschrieben wird. Die hohe Krücke, durch welche Luft oder Gas geleitet wurde, war mit einem Wasserrohr spiralförmig umwunden.

Es folgten sich in den sechziger Jahren eine ganze Reihe ähnlicher Apparate, so von Bennett, Griffith, Harrison, Eastwood, Alleyne, Dormoy (1866), Whitham, Morgan u. a. Unter diesen nennen wir den von Eastwood seiner Einfachheit wegen[2]). Der leichtverständliche Mechanismus ist in Fig. 81 abgebildet. Er wurde in Nordengland und auf der Königshütte in Schlesien angewendet. Noch einfacher war Withams Puddelmaschine[3]) für Doppelöfen (Fig. 82), wie sie auf der Perseverancehütte bei Leeds in Anwendung stand.

Harrisons Maschine war direkt mit einer kleinen Dampfmaschine verbunden.

1866 gab Ulrich sein Urteil über die mechanischen Puddler dahin ab, dafs sich dieselben durchaus nicht bewährt hätten. Sie

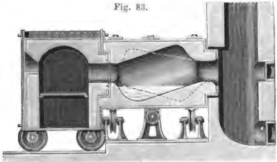
[1]) Siehe Preufs. Zeitschrift XVIII, S. 154.
[2]) Siehe Zeitschrift d. Ver. deutsch. Ingen. 1867, S. 108.
[3]) Siehe Preufs. Zeitschrift XVIII, Taf. I.

Digitized by Google

ergäben ungenügendes Durcharbeiten, Aufwachsen des Herdes, schlechtes Ausbringen und schlechtes Produkt.

Gegenüber den mechanischen Puddlern traten die rotierenden Puddelöfen in dieser Periode noch in den Hintergrund. Doch wurde am 11. Dezember 1861 W. H. Tooth und W. Yates ein rotierender Puddelofen patentiert [1]). Einen Ofen mit drehbarem Boden (Tellerofen) ließen sich J. Williams und G. Bedson am 5. Januar 1864 patentieren. 1865 wurde in Dowlais bei Guest & Comp. der rotierende Puddler von Warren und Walker eingeführt, der von Direktor Menelaus verbessert war (Fig. 83), indem es diesem gelungen war, aus dem Ganister, den die Stahlschmelzer gebrauchten, eine haltbare Masse für das Ofenfutter herzustellen. Guest sprach sich sehr günstig

Fig. 83.



über die Erfolge aus, namentlich daß die rotierenden Öfen keine gelernten Arbeiter erforderten und größere Chargen (von 300 bis 350 kg) verarbeiteten [2]).

Bessemer ließ sich 1865 einen schwingenden Gaspuddelofen patentieren [3]).

Zu dem mechanischen Puddeln gehört in gewissem Sinne auch das Frischen durch Einblasen von Luft oder Dampf durch Röhren oder durch hohle Krücken in das flüssige Metall, obgleich dieses Verfahren meist gleichzeitig eine chemische Einwirkung bezweckte. Hierzu wäre zunächst das Bessemerverfahren zu rechnen; da dasselbe aber hauptsächlich für die Darstellung von Stahl benutzt wurde, wollen wir nicht hier, sondern bei der Stahlbereitung näher darauf eingehen.

In Österreich ließen sich 1864 Weniger und Rossiwall ein

---

[1]) Siehe Revue universelle 1861, p. 239.
[2]) Siehe Berggeist 1865, Nr. 94.
[3]) Dinglers Journ. 182, S. 218.

Digitized by Google

Puddelverfahren patentieren [1]), bei welchem Wasserdampf durch ein Mundstück in das flüssige Eisen eingeleitet werden sollte. Der Sauerstoff des Wassers sollte Silicium und Kohle oxydieren, der Wasserstoff Schwefel, Phosphor und Arsenik entfernen. Die Idee war keineswegs neu; zehn Jahre vorher hatte Nasmyth fast denselben Vorschlag gemacht. In Frankreich wendete Galy-Calazat ein ähnliches Verfahren zur Stahlfabrikation an.

Das gröfste Aufsehen erregte aber Ende der sechziger Jahre das Puddeln mit hohler Rührkrücke, welches Richardson in England wieder aufbrachte. Obgleich sein Patent vom 4. Dezember 1866 im Wesentlichen nur eine Wiederholung des Patentes von Nasmyth vom Jahre 1864 war, so wurde es doch als etwas Neues angestaunt und erregte viel gröfseres Interesse als seiner Zeit die Erfindung von Nasmyth. Richardson soll überdies die Idee und die Anregung von Reuben Plant, mit dem er früher associiert gewesen war, erhalten haben. In dem Patent war vorgesehen, dafs aufser Luft und Dampf auch Gase oder chemische Substanzen durch die hohlen Rührkrücken mit eingeblasen werden könnten.

Richardsons Puddelprozefs fand einen eifrigen Fürsprecher an St. Vincent Day, der viel dazu beigetragen hat, dafs das Verfahren so grofse Beachtung fand. Es war 1867 auf dem Eisenwerk der Glasgow-Iron-Company eingeführt worden. Man leitete dort in das eingeschmolzene Eisen durch einen hohlen Rührer einen Luftstrom von 5 bis 6 Pfund Pressung pro Quadratzoll. Das Rühren geschah wie sonst. Die Verbindung des Rührers mit dem Windstock geschah ebenfalls wie bei Nasmyth durch einen beweglichen Schlauch. Den Wind liefs man so lange einströmen, bis die Masse hoch aufkochte, alsdann rührte man mit gewöhnlichen Krücken weiter. Zur Reinigung wurde zuweilen auch Dampf eingeblasen. Durch das Einblasen von geprefster Luft wurde ein Drittel an Zeit gegen sonst erspart. In Glasgow verlief eine Charge, die früher 1 Stunde 30 Minuten bis 1 Stunde 45 Minuten gedauert hatte, in 1 Stunde 8 Minuten. Bei dem letzten Teil des Prozesses sollte der Phosphor grofsenteils abgeschieden werden. Deshalb sollten nach diesem Verfahren alle phosphorhaltigen Eisensorten, die für den Bessemerprozefs untauglich waren, mit Erfolg verarbeitet werden können. Nach den Analysen von Day war das erhaltene Eisen sehr rein, viel reiner wie Bessemereisen. Aufser auf dem oben genannten Werke wurde

[1]) Siehe Österreich. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1864, S. 408; Berggeist, 15. Juli 1864.

Digitized by Google

Richardsons Prozefs zu Parkhead und bei Palmer & Comp. zu Jarrow eingeführt. Auf letzterem Werk verliefs man die hohle Rührkrücke, führte Dampf durch ein feststehendes Rohr ein und rührte gleichzeitig mit der gewöhnlichen Krücke. Man versuchte abwechselnd Luft und Wasserdampf durch ein centrales Rohr von oben, welches durch die Gewölbe ging, einzublasen. Trotz St. Vincent Days Anpreisung des Verfahrens fand dasselbe keine Verbreitung und erregte nur vorübergehend das Interesse der Metallurgen.

Aufser diesen wichtigeren Verbesserungsvorschlägen für den Puddelprozefs wurden noch viele andere veröffentlicht, die wir jetzt kurz in chronologischer Ordnung besprechen wollen.

In Hörde schmolz man 1860 auf Rob. Daelens Anregung[1]) das Roheisen in einem Kupolofen ein und stach es in den Puddelofen ab. Man sparte dadurch angeblich 15,2 Prozent an Brennmaterial und Arbeitslöhnen, zugleich wurde das Roheisen durch das Umschmelzen so gereinigt, dafs es ohne Zusatz von Holzkohleneisen verpuddelt werden konnte, was früher nicht möglich war. 2 Kupolöfen bedienten 12 Puddelöfen. Bei diesem Verfahren verlief aber das Frischen im Flammofen beträchtlich langsamer.

Das Bestreben, die unreinen Roheisensorten, welche für den Bessemerprozefs unbrauchbar waren, im Puddelofen zu gutem Eisen zu verfrischen, führte George Parry in Südwales zu dem Verfahren[2]), wofür er am 18. November 1861 ein Patent nahm, dieses Roheisen erst zu puddeln, das gepuddelte unreine Luppeneisen mit reinen Koks- und Flufsmitteln in einem Schachtofen (Kupolofen) wieder zu kohlen und einzuschmelzen und das so erhaltene gefeinte Eisen nochmals zu puddeln. Man erhielt dadurch ein reines Schmiedeeisen. Auch konnte man durch ein drittes Puddeln diese Reinigung noch weiter treiben.

Von Wichtigkeit war die Herstellung oder Auskleidung des Puddelherdes mit eisenoxydreichen Stoffen, wozu man in England mit Vorliebe geröstete Puddelschlacke, die als bull's head bezeichnet wurde, verwendete. Das Rösten geschah, wie z. B. 1860 auf der Tudhoe-Eisenhütte in der Grafschaft Durham, in besonderen Röststadeln, wobei höher silizierte Schlacke aussaigerte.

Couilhac schlug 1861 vor, den Schmelzherd mit altem Eisenwerk auszukleiden und während des Puddelns reinigende Zuschläge von Eisenerz, Walzschlacke und Hammerschlag, Kochsalz, Kalk oder Thon, je nach der Art des Roheisens aufzugeben. Neu waren diese Mittel nicht.

---

[1]) Siehe Berggeist 1861, Beilage zu Nr. 18.

[2]) Siehe London, Journ. of arts, Aug. 1862, p. 80.

Digitized by Google

Mushet empfahl 1863, die Puddelherde mit Titaneisenerz (Ilmenit) auszusetzen. Gibbons hat sich für das Auskleiden des Herdes mit Kalkstein ausgesprochen, während Arkinstall dies verwarf, weil dadurch brüchiges Eisen entstehe[1]). 1870 schlug Ponsard für phosphorhaltiges Roheisen eine Sohle von Magnesia oder Kalk vor. Zur Beschleunigung des Puddelprozesses setzte man in England häufig Hämatit von Cumberland zu.

Cailletet fand 1862, dafs, wenn man Roheisen ohne Schlackenzuschläge puddelt, ein Teil des Eisens verbrennt und dafs das hierbei entstandene Eisenoxyd erst die Entkohlung bewirke.

Bleiglätte hatte Professor Rob. Richter als Entschweflungsmittel vorgeschlagen und sollen damit günstige Resultate auf der gräflich v. Donnersmarkschen Hütte zu Frantschach erzielt worden sein. C. Wagner in Mariazell empfahl (1865) dieses Verfahren beim Puddeln von weifsem Eisen[2]). Dagegen hält Kerpely (1864) nichts von diesen und ähnlichen Vorschlägen.

Cochrane setzte 1863 dem Roheisen beim Puddeln Kali- oder Natronaluminat zu. Crawshay wendete 1864 Zuschläge von Eisenvitriol und Bleioxyd an, wodurch neben dem Kohlenstoff Schwefel und Phosphor oxydiert werden sollten[3]). Caron wies in demselben Jahre auf die Nützlichkeit eines Mangangehaltes im Roheisen hin, der die Abscheidung des Schwefels und Phosphors beim Puddeln und die Überführung des Graphits in gebundenen Kohlenstoff befördert.

List hob 1865 den Nutzen des Mangans zur Abscheidung des Siliciums hervor und sprach die Vermutung aus, dafs beide Stoffe chemisch verbunden als Siliciummangan im Roheisen vorhanden seien.

Lohage behauptete in demselben Jahr, dafs ein mäfsiger Siliciumgehalt bis zu 2 Prozent für das Gelingen des Puddelprozesses notwendig sei; ein Gehalt über 3 Prozent sei dagegen für die Qualität des Eisens von Nachteil. In Oberschlesien war um 1864 die Puddelstahlbereitung wegen des hohen Siliciumgehaltes des Roheisens auf Schwierigkeiten gestofsen.

Wintzer zu Georgs-Marienhütte schlug 1866 das Chlorkalium als das in der Hitze am wenigsten flüchtige Chlorid zur Reinigung des Eisens von Schwefel und Phosphor, oder Chlorgas zu demselben Zwecke vor.

Flufsspat und Kryolith wurden als Entphosphorungsmittel von Ver-

---

[1]) Percy, Iron and Steel, p. 669.

[2]) Siehe Österreich. Zeitschrift für Berg- u. Hüttenwesen vom 27. März 1865.

[3]) Siehe Revue universelle, 9. ann. 2 livr., p. 342.

Digitized by Google

schiedenen, so von Bowron und Lunge und namentlich von Henderson 1869 vorgeschlagen.

Heatons Frischverfahren mit Natronsalpeter (1868) werden wir bei der Stahlbereitung kennen lernen.

Es mufs hier erwähnt werden, dafs man bei dem Betriebe der Puddelöfen mit besserem Verständnis und gröfserer Sorgfalt auf Erzeugung bestimmter Qualitäten hinarbeitete als früher. Das Stahlpuddeln hatte in dieser Hinsicht eine günstige Einwirkung auf das Eisenpuddeln ausgeübt. Man hatte dadurch gelernt, nach Belieben härteres oder weicheres Eisen zu erzeugen, und unterschied scharf das Puddeln auf Sehne von dem Puddeln auf Korn[1]).

Etwa seit der Mitte der sechziger Jahre legte man grofsen Wert auf heifsen Gang beim Puddelprozefs und suchte diesen zu befördern. Schneider & Comp. zu Creuzot erreichten dies durch geprefsten Wind, den sie unter den Rost einführten. Dem Nachteil der dabei entstehenden grofsen Hitze für die Ofenwände wurde durch Wasserkühlung des Herdbodens und Kühlung der Wände durch Druckluft entgegengearbeitet. Mit diesen Mitteln sollte man den Prozefs leicht regulieren und nach Belieben Stahl oder Schmiedeeisen erzeugen können. — Auf anderen Hüttenwerken haben aber die Versuche mit geprefstem Wind keine günstigen Resultate ergeben.

Bei heifsem Ofengang war die „Kornfrischschlacke", welche das Roheisen bei der Arbeit gab, eisenoxydulreich und basisch, bei kaltem Ofengang war sie sauer. Trocken nannte man die eisenoxydhaltige Schlacke, die gewöhnlich teigig war. Nur der heifse Gang gab gut gereinigtes und gekohltes Eisen. Die chemische Zusammensetzung der Kornfrischschlacke war deshalb wesentlich. Eisenoxyd kann durch Kohlenstoff und durch Eisen zu Oxydul reduziert werden, wodurch das Mittel zur Bildung der Kornfrischschlacke gegeben ist.

Beim Stahlpuddeln bewährten sich zu Dowlais (1865) Graphitherde.

Ein eigentümliches Verfahren und einen eigenen Apparat zum Stahlpuddeln schlug M. Morgan 1865 vor[2]). „Das cylindrische Umwandlungsgefäfs" ruhte auf Rädern und wurde während der Rührperiode in wiegende Bewegung gesetzt. Beim Einsetzen gab man Spiegeleisen zu und blies Wasserdampf oder geprefste Luft in die Esse, um den Zug zu vermehren.

---

[1]) Siehe Dr. A. Gurlt in Berggeist 1860, Nr. 64, 65 etc.

[2]) Siehe Mechanic's Magazine 1866, p. 150; Dinglers Journ. 179, S. 288.

Digitized by Google

Ein ganz mit Wasser gekühlter Puddelofen wurde von Rofs 1868 vorgeschlagen [1]). Ringsumgehende Wasserkühlung hatte man in Rheinland und Westfalen, wo man langsam- und gargehendes Roheisen verarbeitete. Dabei wendete man keine Vorwärmherde an, weil der Zug nicht genügend stark war. Im Saargebiet, wo man viel Minette verpuddelte, waren nur die Feuerbrücken mit Luft und Wasserkühlung versehen. In Frankreich bediente man sich, namentlich da, wo man Minetteroheisen verarbeitete, nur der mit Luft gekühlten Puddelöfen [2]).

Borsig in Moabit puddelte sehr grofse Luppen für schwere Kesselbleche ohne Schweifsnaht in grofsen Puddelöfen mit drei Arbeitsthüren.

Griffith wendete ein eigentümliches Verfahren an, die Schlacken aus den Luppen zu pressen. Es geschah dies in einem Cylinder mit seitlichen Öffnungen, in den ein hydraulischer Kolben die heifsen Luppen prefste.

Um Homogeneisen zu machen, wendete John Gjers in Middlesborough 1868 folgendes Verfahren an. Er puddelte wie gewöhnlich unter Zusatz von Schlacke und stach dann die noch flüssige Masse in einen Siemens-Flammofen ab, wo sie fertig entkohlt und dann als flüssiges Produkt abgelassen wurde.

Die Dimensionen der Puddelöfen waren nach der Art des Brennmaterials und des Roheisens sehr verschieden. Wedding giebt in seinem Handbuch der Eisenhüttenkunde (III, 191) eine ausführliche Zusammenstellung von Beispielen.

Wir wollen noch zum Schlufs auf einen verbesserten Puddelofen hinweisen, wie er nach den Angaben von John, Hawson und Gjers 1868 auf dem Eisenwerk von Fox, Head & Son bei Middlesborough zuerst erbaut wurde. Die Verbesserungen beruhten auf der Ausnutzung der Feuergase, die vollständig verbrannt wurden, auf der künstlichen Zuführung von erhitztem Wind, sowohl über dem Feuer im Gewölbscheitel als unterhalb des Rostes. Infolge der günstigen Betriebsergebnisse dieser Öfen wurden sie Ende der sechziger Jahre auf verschiedenen grofsen Eisenwerken in England eingeführt.

Von grofser ökonomischer Bedeutung war die Verwendung der abgehenden Hitze der Puddel- und Schweifsöfen für die Dampferzeugung. Folgende Erfahrungsgrundsätze waren hierfür mafsgebend.

---

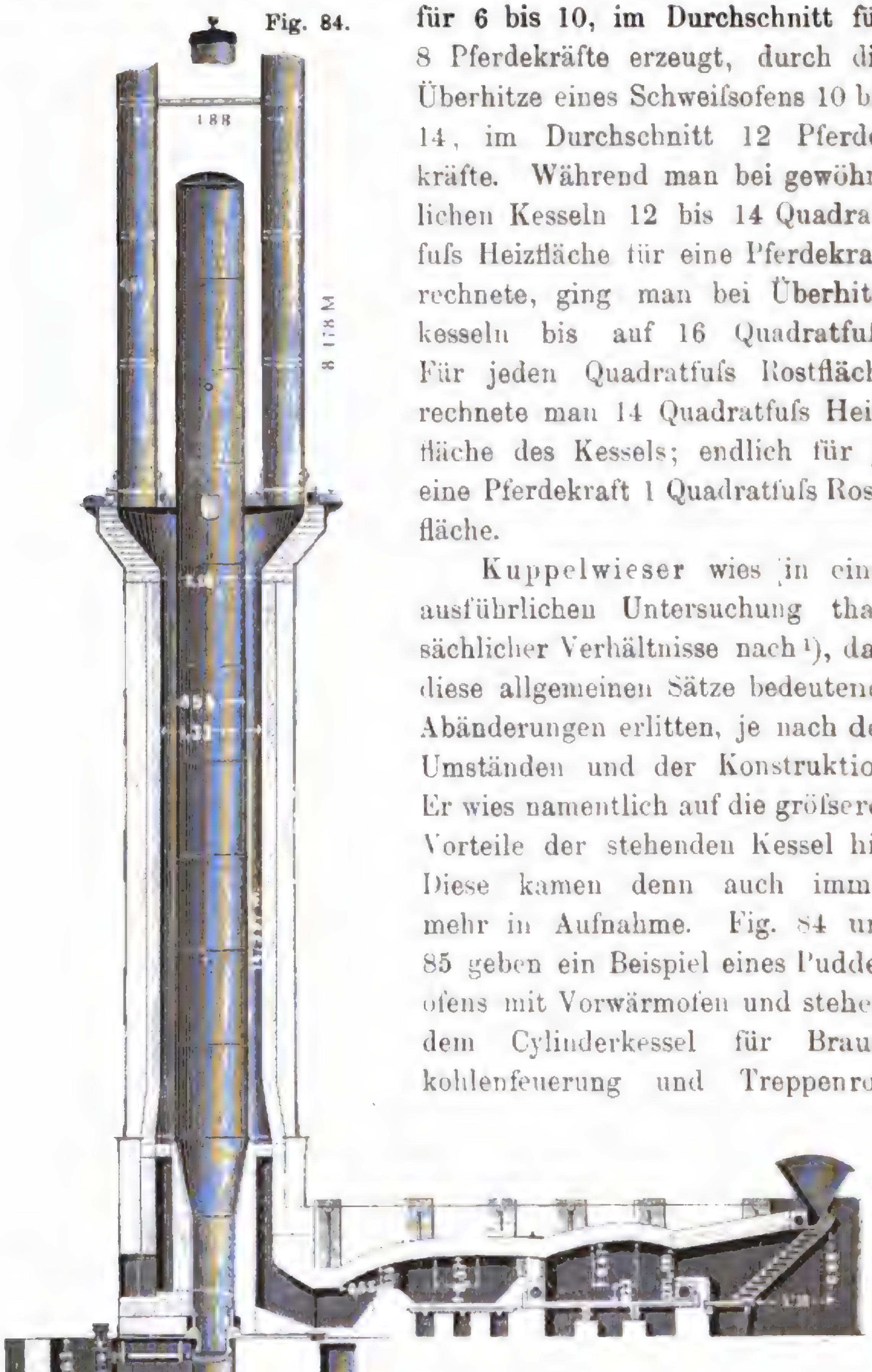
[1]) Siehe Kerpely, Fortschritte etc. 1868, Tab. II, Fig. 30, 31.

[2]) Vgl. Buch in Zeitschrift d. Ver. deutsch. Ingen., 1868, S. 540.

Digitized by Google

Bei Annahme einer Dampfspannung von 3 bis 4 Atmosphären Überdruck wird durch die Überhitze eines einfachen Puddelofens Dampf für 6 bis 10, im Durchschnitt für 8 Pferdekräfte erzeugt, durch die Überhitze eines Schweifsofens 10 bis 14, im Durchschnitt 12 Pferdekräfte. Während man bei gewöhnlichen Kesseln 12 bis 14 Quadratfufs Heizfläche für eine Pferdekraft rechnete, ging man bei Überhitzkesseln bis auf 16 Quadratfufs. Für jeden Quadratfufs Rostfläche rechnete man 14 Quadratfufs Heizfläche des Kessels; endlich für je eine Pferdekraft 1 Quadratfufs Rostfläche.

Fig. 84.



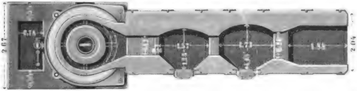
Kuppelwieser wies in einer ausführlichen Untersuchung thatsächlicher Verhältnisse nach[1]), dafs diese allgemeinen Sätze bedeutende Abänderungen erlitten, je nach den Umständen und der Konstruktion. Er wies namentlich auf die gröfseren Vorteile der stehenden Kessel hin. Diese kamen denn auch immer mehr in Aufnahme. Fig. 84 und 85 geben ein Beispiel eines Puddelofens mit Vorwärmofen und stehendem Cylinderkessel für Braunkohlenfeuerung und Treppenrost

---

[1]) Siehe Jahrbuch von Leoben etc. 1870, S. 289.

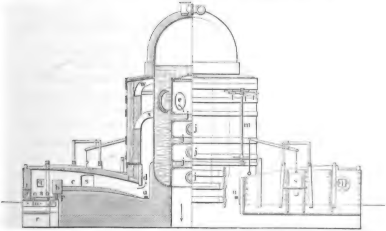
zu Donawitz bei Leoben. Fig. 86 zeigt einen stehenden Kessel mit Heizröhren, der von zwei Flammöfen, rechts einem Schweifs-, links einem Puddelofen geheizt wurde, wie solche zu Blaina und Cwm-Celyn in Südwales ausgeführt waren. Zu Oberhausen hatte man je vier Öfen mit einem stehenden Kessel verbunden.

Fig. 85.



Bei den Schweifsöfen bewährte sich der Betrieb mit Unterwind noch mehr als bei den Puddelöfen, was Leopold Hösch in einem Vortrage vom 24. Februar 1861 auseinandersetzte. Man hatte auf den Werken von Eberhard Hösch zu Eschweiler und Lendersdorf

Fig. 86.



44 Schweifsöfen für Schienenfabrikation mit einem Kanal verbunden, dem ein grofser Ventilator Wind zuführte. Die Produktion stieg um 20 bis 25 Prozent, der Kohlenverbrauch betrug nur 73 Prozent des früheren Quantums. Dabei brauchte man keine Stückkohlen mehr und die Schweifsung war eine bessere. Auch in Frankreich bediente man sich mit grofsem Erfolg des Unterwindes.

Lundins obenerwähnte Gasfeuerung mit Kondensation diente für

Digitized by Google

Gasschweifsöfen zu Monkfors in Wermland[1]). Der Erfinder hatte dafür von der schwedischen Gewerbekammer eine Belohnung von 20000 Rthlr. erhalten.

Chatelain hatte Doppelschweifsöfen eingeführt, die auch die doppelte Produktion ergeben sollten[2]).

Pütsch hat (1867) einen Holzgasschweifsofen ohne künstlichen Wind konstruiert, der angeblich noch bessere Resultate gab als der Lundinsche.

Auch bei den Schweifsöfen wendete man Ende der sechziger Jahre Siemens' Regeneratorfeuerung bereits auf einzelnen Werken an. Mit einem solchen wurden bei de Wendel pro Tag 25000 kg fertige Schienen gemacht. Die Anlage war zwar teuer, aber der Abbrand betrug nur ein Drittel des früheren und die Kohlenersparnis war beträchtlich.

Mushet schlug auch zur Auskleidung der Schweifsofenherde Titaneisenerz vor.

Die Stahl- und Flufseisenbereitung 1861 bis 1870.

Die Fortschritte des Bessemerprozesses 1861 bis 1870.

Der Stahlbereitung war zu Beginn der sechziger Jahre die hoffnungsvolle Erwartung aller Metallurgen zugewendet. Bessemers glänzende Erfindung stellte die Herstellung eines billigen Stahls, der für die meisten Zwecke mit Vorteil das Schmiedeeisen ersetzen konnte, in sichere Aussicht. Freilich befand sich das neue Verfahren noch in seiner Kindheit und die Mehrzahl der praktischen Hüttenleute verhielten sich noch zweifelnd gegen die merkwürdige Neuerung. Aber die Erfolge Bessemers in England und Göranssons in Schweden, die Kundgebungen darüber, das überzeugte Eintreten erfahrener Eisenhüttenleute wie Grills in Schweden und besonders Peter Tunners in Österreich, die günstigen Nachrichten auch von anderen Orten bekehrten eine immer gröfsere Zahl von Technikern zu dem Glauben an den neuen Prozefs. Die angesehensten Metallurgen traten öffentlich für Bessemers Verfahren auf. In England war dies besonders W. Fairbairn, der in seinem Werk über das Eisen, welches 1861

[1]) Vergl. Jahrbuch von Leoben, Nr. XVI, 273.
[2]) Siehe Dinglers Journ. 181, S. 460.

Digitized by Google

erschien[1]), zum erstenmal in einem wissenschaftlichen Lehrbuche das Bessemern als einen gleichberechtigten Prozefs neben dem Puddeln, der Cement- und Gufsstahlfabrikation behandelte und auf seine Leistungen, seine Wichtigkeit und seine Bedeutung für die Zukunft hinwies. In Frankreich war es Gruner, der, obgleich früher aus theoretischen Gründen ein Gegner des Bessemerverfahrens, seitdem er dasselbe auf seiner Reise in England im Juni 1860 zu Weardale in Durham kennen gelernt und in praktischer Ausführung gesehen hatte, mit voller Überzeugung in einer ausführlichen Abhandlung 1861 für dasselbe eintrat[2]).

Neben Gruner war es A. la Salle, der schon 1860 eine ausführliche Abhandlung über das Bessemerverfahren veröffentlichte[3]), in der er bereits bestimmt aussprach, als beste Methode werde es sich erweisen, das Roheisen in Konvertern vollständig zu entkohlen und dann die erforderliche Kohlenmenge in einem reinen Stoffe wieder zuzusetzen.

In Deutschland veröffentlichte Professor Alexander Müller einen beachtenswerten Aufsatz im Journal für praktische Chemie (Bd. LXXXII, S. 496). Er trat darin entschieden für das englische Verfahren ein.

Von noch gröfserer Bedeutung war Tunners öffentlicher Bericht über den Bessemerprozefs, welchen er bei der zweiten allgemeinen Versammlung der Berg- und Hüttenmänner im September 1861 in Wien erstattete, indem er mit Nachdruck darauf hinwies, wie wichtig die Einführung des Verfahrens für Österreich sei, und bei welcher Gelegenheit er auch den glücklichen Ausdruck „Bessemern“ als Zeitwort und Substantiv erfand und in Kurs setzte. Er wies darauf hin, dafs 1. das Bessemern in England und in Schweden über das Versuchsstadium hinaus sei und dafs dort und in Frankreich grofse Anlagen im Bau begriffen seien; 2. dafs in England und in Schweden bereits Tausende von Centnern Bessemerstahl erzeugt und zu verschiedenen Zwecken verwendet würden; 3. dafs Bessemerstahl aus gutem Roheisen dem Gufsstahl und das entsprechende Bessemereisen dem Herdfrischeisen gleichkomme; 4. dafs der Eisenabbrand bei der Erzeugung von Stahl nach diesem Verfahren 12 bis 15 Prozent,

[1]) Iron: its history, properties and processes of manufacture by W. Fairbairn.

[2]) Annales des Mines, 5. sér., t. 18, p. 553; Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1861, Nr. 32 und 36; Dinglers Journ. 161, S. 46.

[3]) Siehe Mémoires et Compte-rendu des travaux de la société des ingénieurs civils 1860, p. 401; Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1862, Nr. 8 und 9.

Digitized by Google

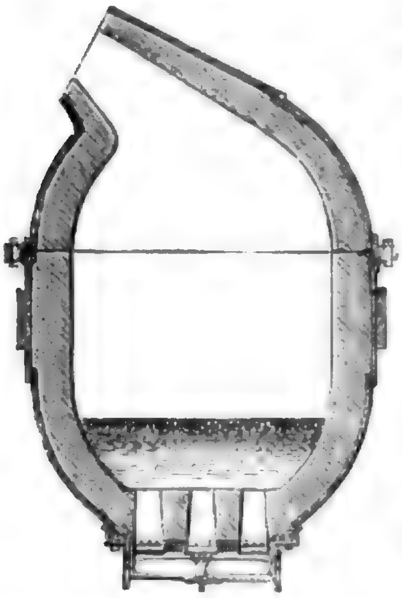
von Stabeisen 18 bis 22 Prozent, also weniger als im Frisch- und Schweifsherd betrage; 5. dafs in 5 bis 10 Minuten 15 bis 20 Centner flüssiges Roheisen ohne irgend welches Brennmaterial als das zum Anwärmen des Ofens und der Gufspfannen erforderliche in Stahl verwandelt werde. Die Windpressung betrage $^1/_2$ bis $1^1/_2$ Atmosphären Überdruck, die Windmenge 800 bis 1200 Kubikfufs; bis jetzt sei nur kalter Wind mit Erfolg verwendet worden.

Nicht minder grofsen Eindruck machte es, dafs bedeutende Eisenindustrielle wie namentlich John Brown in Sheffield und W. Jackson zu St. Seurin sur l'Isle schon 1860 grofse Anlagen für die Bessemerstahlfabrikation errichteten.

1861 wurde sogar bereits in Ostindien von der Beypore-Eisen-Gesellschaft zu Madras nach dem schwedischen Verfahren Bessemerstahl dargestellt und 1862 in der Weltausstellung zu London vorgeführt.

Im Jahre 1861 begann auch Alfred Krupp in Essen, der sich mit Bessemer, dem unbegreiflicherweise ein Patent für Preufsen verweigert worden war, verständigt hatte, in aller Stille ein für damalige Verhältnisse grofses Bessemerwerk mit vier Konvertern zu $2^1/_2$ Tonnen zu erbauen, in dem am 16. Mai 1862 die erste Charge erblasen wurde.[1])

Fig. 87.

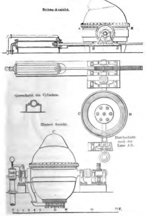


Sowohl Bessemer als die schwedischen Ingenieure waren eifrig bemüht, ihre Methoden zu vervollkommnen. Ersterer hat in seinem wichtigen Patent vom 1. März 1860 den Konverter (die Birne) bereits in der Form beschrieben, wie er später allgemeine Verbreitung fand und sich bis heute erhalten hat. Die Gefäfse sind birnförmig mit schiefstehendem Mundstück (Fig. 87), von Eisen oder Stahlplatten, im Innern mit „Ganister" ausgekleidet. Der Windkasten (twyer box) aus Eisen oder Stahl ist an dem Boden so befestigt, dafs er abgenommen werden kann. Sieben besondere Formen (Ferne oder Feren), jede mit fünf Windöffnungen, sind im Boden des Gefäfses eingelassen und mit Ganistermasse unter sich und mit den Wänden verbunden. Die Herstellung dieser Ferne wird eingehend beschrieben. Die Art der Aufhängung des Gefäfses und der Windzuführung wird

[1]) D. Bädeker, Alfred Krupp, 1889, S. 56.

bereits genau so dargestellt, wie es John Brown auf dem Atlaswerk in Sheffield ausführte und wie es in Fig. 88 abgebildet ist, wobei

Fig. 88.

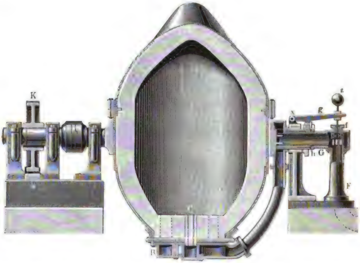


die geniale Kippbewegung durch einen horizontalen, hydraulischen Preſskolben ebenfalls bereits angeführt wird; desgleichen die Art der Windzuführung durch die hohle Achse, die mit einem beweglichen

Rohrstück verbunden ist, wie es Fig. 89 rechts im Durchschnitt zeigt, wodurch die Birne ohne Unterbrechung des Windstromes gekippt werden kann.

Das flüssige Roheisen, welches man nach Bessemers Angabe am besten in Flammöfen schmolz, wurde direkt in die geneigte Birne abgestochen. Dann liefs man den Wind an und richtete das Gefäfs auf. Indem nun die Luft durch das flüssige Eisen geprefst wurde, begann der Frischprozefs. Funken und Flamme strömten in

Fig. 89.



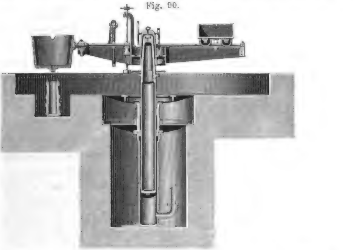
eine Esse. Sobald der Prozefs beendet war, wurde die Birne gekippt und zwar noch weiter als beim Einfüllen, so dafs der flüssige Inhalt in die untergestellte Gufspfanne ausgegossen werden konnte. Die Pfanne ist an dem Ende eines Balanciers befestigt (Fig. 90), der durch einen hydraulischen Kolben schwebend getragen wird, und auf dessen anderes Ende ein Gegengewicht läuft. Dadurch kann die Gufspfanne gehoben und gesenkt und im Kreise herumgeschwenkt werden. Die Pfanne selbst kann entweder durch Hydraulik gekippt, oder durch eine Öffnung im Boden, die durch eine geführte Stange mit Thonpfropf am Ende verschlossen wird, entleert werden. Das flüssige Bessemermetall fliefst dann in die untergestellten Gufsformen. Die Güsse (ingots) werden dadurch rein und frei von Schlacken. Noch gesünder werden sie, wenn man das flüssige Metall in eine Form giefst, die am Boden

Digitized by Google

Öffnungen hat, durch welche sie in mehrere kleinere untergestellte Formen fliefst. Durch das verlangsamte Einfliefsen in diese Formen werden die Blöcke dichter.

In demselben Patent giebt Bessemer an, dafs man den Fortschritt der Entkohlung bestimmen könne durch die Menge des durchgeblasenen Windes. Er wendete deshalb einen Zählapparat an, der die Zahl der Entleerungen der beiden Gebläsecylinder angab, und dies sollte das Mittel an die Hand geben, den Prozefs im richtigen

Fig. 90.



Augenblick zu unterbrechen. Dieser schöne Vorschlag hat sich in der Praxis leider nicht bewährt, aber er beweist, wie Bessemer unablässig darauf sann, sein Verfahren zu vervollkommnen.

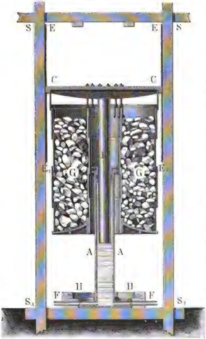
Die Anwendung der Hydraulik zur Bewegung des Konverters und der Gufspfanne war ein genialer Gedanke, wie denn überhaupt der ganze Apparat durch seine Zweckmäfsigkeit, Beweglichkeit und Solidität überrascht. Wir wissen aber aus dem früher Mitgeteilten, dafs derselbe nicht als etwas Fertiges dem Geiste des Erfinders entsprang, sondern dafs er das Produkt jahrelangen Nachdenkens und Experimentierens war. Anfangs kippte Bessemer seine Retorten durch ein Vorgelege mit der Hand, dann kam, wie es scheint zuerst in St. Seurin[1]), die Bewegung durch ein Dampfgetriebe auf. Die Bewegung durch hydraulischen Druck kann also erst als drittes Stadium

[1]) Siehe Armengaud, Public. industr., t. XIV, livr. 7, 8.

Digitized by Google

in der Bewegung der Konverter bezeichnet werden. Die grofse momentane Arbeitsleistung der hydraulischen Motoren war ermöglicht durch die wichtige Erfindung des Akkumulators von William Armstrong im Jahre 1851, die aber erst in dieser Periode zu ausgedehnterer Verwendung kam. Der einfache Apparat, dessen Wesen darin besteht, dafs eine Drucksäule Wasser ein schweres Gewicht in der Schwebe hält, bis im Moment der Wirkung das Gewicht das Wasser auspresst, ist in Fig. 91 abgebildet.

Fig. 91.



Am 1. Februar 1861 bereits fafste Bessemer eine Reihe weiterer Verbesserungen in ein neues Patent zusammen. Dieselben beziehen sich auf ein vollkommeneres Verfahren, die Böden der Konverter mit den Winddüsen herzustellen und einzupassen, auf die Herstellung besonderer Ingots für Panzerplatten aus abwechselnden Lagen von Eisen und Stahl und auf die Herstellung blasenfreier Eingüsse durch Zusatz eines Gemisches von Silicium, Mangan und Eisen. Letzteres erhielt er durch Reduktion eines innigen Gemenges von Hämatit, Magneteisenstein oder manganhaltigem Eisenerz mit Manganoxyd und Anthrazit oder einer anderen reinen Kohlensubstanz und mit Feuerstein oder kieseligem Erz, in Retorten oder im Cementierofen. Die reduzierte metallische Masse wurde mit Teer oder einem anderen Kohlenwasserstoff gemischt und im Tiegel geschmolzen, oder die Reduktion bis zum Schmelzen fortgesetzt. 30 bis 50 Pfund der Legierung wurden zu einer Tonne geschmolzenem Stahl vor dem Ausgiefsen eingetragen. Wollte man Schmiedeeisen oder sehr weichen Stahl darstellen, so entkohlte man zuvor das Gemisch durch Glühen mit Eisen- oder Zinkoxyd. Bei diesem Zusatz legte Bessemer mehr Wert auf den Gehalt an Silicium und Mangan als auf den Kohlenstoff. Namentlich schrieb er

Digitized by Google

ersterem die Wirkung zu, die Gasentwickelung und Blasenbildung der Güsse zu verhindern. Die Annahme eines hohen Siliciumgehaltes in der Mischung beruhte nicht auf chemischer Analyse und war irrig. Dennoch hat auch dieser Vorschlag wichtige Folgen für die weitere Entwickelung des Bessemerprozesses gehabt.

Das folgende Patent Bessemers vom 8. Januar 1862 bezieht sich auf verschiedene Verbesserungen des Konverters, von denen diejenigen, die sich auf den Boden und die Einrichtung einzelner Windkästen, oder eines geteilten Windkastens, so dafs jede schadhafte Form für sich ausgewechselt werden kann, und diejenigen, die sich auf die Disposition von zwei gegenüberstehenden Birnen, die von einer gemeinschaftlichen hydraulischen Kranenpfanne bedient werden, beziehen, die bemerkenswertesten sind.

Eine der wichtigsten Erfahrungen, welche Bessemer und andere gemacht hatten, bestand darin, dafs schwefel- und phosphorhaltige Roheisensorten für den Prozefs nicht verwendbar waren, und dafs der Erfolg in erster Linie von der Auswahl des Roheisens bedingt war. Am besten hatte sich schwedisches, aus reinem Magneteisenerz erblasenes, lichtgraues Roheisen erwiesen. Dieses verwendete Bessemer nach Weddings Reisebericht neben grauem Cumberland-Roheisen noch 1860 in Sheffield. Ferner erzielte man gute Resultate mit Holzkohlenroheisen aus Indien und Neuschottland. Aber auch gewisse englische graue Roheisensorten, namentlich die aus dem Cumberland-Hämatit erblasenen, bewährten sich vortrefflich. Dies gab der Hochofenindustrie in Cumberland und Lancashire einen neuen grofsen Impuls. Auch Forrest of Dean- und Tawlow-Roheisen hatte sich brauchbar erwiesen, während das von Pontypool und Bleanavon unbefriedigende Resultate gab.

Jackson hatte zu St. Seurin in Frankreich zuerst weifses, aus manganhaltigem, braunem Glaskopf von Vicdefsos erblasenes Roheisen verwendet. Man arbeitete dort 1860 mit zwei Konvertern für 500 bis 1000 kg Einsatz. Sie hatten 0,60 bis 0,65 m Durchmesser und 1 bis 1,2 m Höhe im Lichten. Der Wind wurde mit $2^1/_2$ Atmosphären Druck durch 25 Formen, in 25 Strahlen durch die 0,50 m hohe flüssige Eisenmasse geprefst.

Über die Wärmeerzeugung beim Windfrischen stellte Gruner Berechnungen an [1]).

Der damalige Einsatz in den Konverter von 500 bis 1000 kg war

[1]) Annales des mines 1861. 5. série, t. XVIII, p. 533.

Digitized by Google

nicht gröfser als derjenige der schwedischen Bessemeröfen. Hiergegen waren Bessemers neue Konverter für 1500 kg-Chargen schon sehr grofse Apparate und John Browns Birnen für 2500 bis 3000 kg Einsatz erregten das gröfste Aufsehen. Es bestätigte sich aber, was Bessemer schon früher angegeben hatte, dafs der Prozefs um so sicherer und vorteilhafter verlief, je gröfser die Chargen waren. Auch brauchten die grofsen Chargen nicht mehr Zeit zum Garen als die kleinen.

Bessemer hielt im August 1861 im Institut der Maschineningenieure einen wichtigen Vortrag über die Bereitung des Stahls und seine Verwendung zu konstruktiven Zwecken, worin er eine Beschreibung der Bessemeranlage und des Betriebes in den Atlaswerken von John Brown in Sheffield gab.

Nach Bessemers Mitteilungen erforderte das Frischen einer Füllung 16 bis 25 Minuten. Der Abgang betrug bei Stahl 12 bis 15 Prozent, bei Schmiedeeisen 20 bis 22 Prozent. Die Güsse wurden unter einem Dampfhammer vorgeschmiedet und dann direkt ausgewalzt; das Paketieren und Schweifsen fiel fort. Der Gufsstahl von rohen Güssen zeigte eine Festigkeit von 50000 Pfd. auf den Quadratzoll, während gewalzte Stäbe 150000 Pfd. Belastung bis zum Bruch trugen. Die zu Woolwich angestellten Festigkeitsversuche ergaben ebenfalls günstige Ergebnisse.

Der chemische Vorgang verlief nach Tunners und anderer Beobachtungen ganz ähnlich wie beim Puddeln: zuerst oxydierte Silicium und bildete mit verbranntem Eisen und aus den Wänden aufgelöstem Thon ein basisches Thonerdeeisensilikat.

Mangan oxydiert ebenfalls rasch und beschleunigt die Abscheidung des Siliciums, mit dem es sich statt des Eisens verschlackt. Siliciumreiche Roheisensorten sind leichter zu verfrischen, wenn sie Mangan enthalten, doch ist dessen Anwesenheit kein unbedingtes Erfordernis. Ein Mangangehalt befördert auch die teilweise Abscheidung des Schwefels. Im allgemeinen werden aber Schwefel und Phosphor beim Bessemern so gut wie gar nicht abgeschieden. Der Kohlenstoff verbrennt nicht unmittelbar durch die Luft, sondern wie beim Puddeln durch die Schlacke, wie Tunner 1860 nachwies.

Während man zum Einschmelzen des Roheisens sich noch allgemein der Flammöfen bediente, schlug Fairbairn 1861 bereits Kupolöfen dafür vor.

In Schweden hielt man an den feststehenden Bessemerschachtöfen mit etwa 15 Centner Einsatz fest. Aus Grills Bericht vom

Digitized by Google

Jahre 1861 erfahren wir, dafs Versuche, reines Eisenoxyd und Braunstein einzublasen oder vor dem Einfüllen aufzugeben, ebenso wenig wie das Einblasen von Wasserdampf günstige Erfolge gehabt hatten. Dasselbe war bei der Verwendung erhitzter Gebläseluft der Fall. Diese hatte eine Verlängerung der Frischzeit zur Folge gehabt, weil bei gleicher Arbeit der Gebläsemaschinen viel weniger von der durch die Erwärmung expandierten Luft in den Ofen gelangte. Übrigens waren in Schweden die Gebläse auch immer noch zu schwach, obgleich man sie verstärkt und dadurch wenigstens erreicht hatte, dafs das Produkt glatt und rein aus dem Ofen flofs. Das Metall, welches in Schweden erzeugt wurde, war aber besser und gutem Stahl ähnlicher als das englische, welches Fairbairn mit Halbstahl (semi-steel), der 40 Prozent gröfsere Festigkeit als Schmiedeeisen habe, und Bessemer mit Homogeneisen bezeichnete, das er für die Verwendung im Maschinenbau statt Schweifseisen besonders empfahl.

Aus dem oben erwähnten Bericht Tunners zu Wien im Jahre 1861 entnehmen wir noch, dafs er das Roheisen der österreichischen Alpenländer für sehr geeignet für den Bessemerprozefs erklärt, dafs er gröfsere Öfen, die 30 bis 100 Centner auf einmal fassen, als in jeder Beziehung vorteilhafter empfiehlt. Die Hauptsache sei die Unterbrechung des Prozesses im richtigen Augenblick; dafür habe sich Bessemers Winduhr nicht bewährt, man sei vorläufig nur auf die Beobachtung der Flamme der ausströmenden Gase und Funken angewiesen. Tunner ist der Ansicht, dafs erhitzter Wind vorteilhaft sein werde. Die vielen Ofenreparaturen, die früher das Verfahren verteuerten, hätten sich in England bereits sehr vermindert. Gegenwärtig sei noch der Hauptfehler die grofse Menge Ausschufs, hauptsächlich infolge blasiger Güsse, die 20 bis 30 Prozent betrüge.

So standen die Dinge, als die Weltausstellung in London im Jahre 1862 eröffnet wurde. Bis dahin hatten nur wenige Hüttenleute Gelegenheit gehabt, den Bessemerprozefs und seine Produkte aus eigener Anschauung kennen zu lernen und sich ein Urteil über seine Leistungen zu bilden. Hierzu bot die grofse Industrieausstellung in London die beste Gelegenheit. Die Ausstellungen von Bessemer in Sheffield selbst, von Bessemer und Langsdon in London und von John Brown in Sheffield waren geradezu überraschend. Tunner schreibt darüber in seinem Bericht[1]): „Durch die sehr schöne Ausstellung der Produkte seines Prozesses hat Herr H. Bessemer gewifs

[1]) Tunner, Bericht über die Londoner Industrieausstellung 1862 und das Bessemern in England. 1863.

Digitized by Google

viel dazu beigetragen, seiner Sache mehr Freunde zu gewinnen, denn es waren da fast alle vorzüglichen Artikel, welche bisher von Stahl und Eisen gearbeitet worden sind, von Saiten- und Klavierdraht, der Fischangel und der Schreibfeder, der feinen Nadel und der Uhrmacherfeile, von den feinsten Eisenblechen angefangen, durch Kürasse, Kesselbleche und Nieteisen, gezogene Röhren, gewöhnlichen Stangenstahl, Klingen und gröfsere Feilen u. s. w. bis hindurch zu Rails, Tyres, Achsen, verschiedene schwere Maschinenteile und geschmiedete Kanonen zur Ansicht gebracht und durch viele, mannigfaltige Qualitätsproben an Politur und Bruchflächen der rohen Gufsblöcke wie der fertigen Artikel, durch alle möglichen Biegungs- und Lochproben, durch getriebene Arbeit u. s. w. illustriert."

Zeigte Bessemers Ausstellung die mannigfaltige Verwendbarkeit, so führte John Browns Ausstellung in vortrefflicher Weise die wichtigste Verwendung des Bessemermetalls als Massenstahl vor Augen. Sie begann mit einem rohen Gufsblock von 4 Fufs Höhe und 15 Zoll im Quadrat, dem Produkt einer Charge. Dann war eine Schiene aus Bessemerstahl von 34 Fufs Länge vorhanden; die Enden waren gebogen und umgeschlagen, gelocht und kalt und warm um die Längsachse gedreht. Aus demselben Material waren aufserdem ausgestellt: Lokomotivachsen, SPiederöhren, Federn, Sägeblätter, Radbandagen und Kanonen. Von der Ostindischen Eisenkompagnie wurden gleichfalls Eingüsse von Bessemermetall und Railsproben vorgeführt, von denen Tunner mit Unrecht bezweifelte, dafs sie in Indien hergestellt seien. Nach englischen Nachrichten hatte die Gesellschaft bereits 1860 ein Bessemerwerk zu Porto Novo bei Beypur (Madras) erbaut.

In der französischen Abteilung hatten James Jackson Son & Co. zu St. Seurin-sur-l'Isle ihre Bessemererzeugnisse vorgeführt. Die schwedische Bessemerindustrie war ebenfalls sehr gut vertreten. F. Göransson zu Högbo bei Gefle, der die Bahn gebrochen und am meisten in dieser Sache gethan, hatte die vollständigste Ausstellung. Aufser ihm waren vertreten das Klostereisenwerk (Längshyttan) in Dalekarlien, Carlsdahleisenwerk in Nerike und Siljanforseisenwerk in Dalekarlien. Es hatten aber bereits noch fünf weitere Hütten in Schweden das Bessemern eingeführt.

Die Eisenhüttenleute konnten sich bei der Londoner Ausstellung nicht nur von den Fortschritten und den Leistungen der Bessemerwerke überzeugen, sie fanden auch Gelegenheit, den Prozefs selbst näher kennen zu lernen und zu studieren, indem sowohl Bessemer als

John Brown fremden Ingenieuren in entgegenkommendster Weise den Zutritt zu ihren Werken gestatteten. Dadurch gelangten erst genauere und zuverlässigere Nachrichten in die hüttenmännischen Kreise, aus denen wir das Wichtigste in Folgendem kurz zusammenstellen.

Bessemer schmolz das Roheisen in Flammöfen und gofs es mit einer Gufspfanne in den Konverter. Der Einsatz betrug nur 20 bis 30 Centner. Der Wind gelangte durch $9 \times 4 = 36$ Düsen von $^3/_8$ Zoll lichter Weite von unten in den Ofen; er hatte 15 Pfund Pressung pro Quadratzoll. Die Blasezeit betrug 23 Minuten.

John Browns Konverter fafsten dagegen Chargen von 60 Centner, hatten $7 \times 7 = 49$ Düsen von $^2/_8$ Zoll Durchmesser bei einem Winddruck von 17 bis 18 Pfund. Der Frischprozefs verlief in 17 bis 18 Minuten, also trotz der gröfseren Chargen in kürzerer Zeit. Dies lag zum Teil in der besseren Disposition der Anlage. Während bei Bessemer Schmelzofen und Konverter sich auf einer Sohle befanden, so dafs das Roheisen mit der Gufspfanne zum Einfüllen gehoben werden mufste, stand in dem Atlaswerk von Brown der Flammofen so hoch, dafs das geschmolzene Eisen direkt in die Birne abgestochen werden konnte. Ersteres erforderte fünf Minuten, während letzteres in drei Minuten beendet war.

Nach Bessemers Angaben mufsten für jede Tonne Eisen 20 Kubikmeter Luft eingeleitet werden.

Die Auskleidung des eisernen Konverters mit einem feuerfesten Futter war für die Praxis eine sehr wichtige Sache. Bessemer hatte den in der Nähe von Sheffield vorkommenden Sandstein, Ganister genannt, als das geeignetste Material erkannt, das gemahlen, gebrannt, zu Masse geformt mit Schablonen eingestampft wurde.

Über die chemischen Vorgänge bei dem Bessemerprozefs herrschten noch unklare und zum Teil widersprechende Ansichten. So war Bessemer noch der Meinung, dafs der Zusatz von geschmolzenem Spiegeleisen nach der Entkohlung nur durch einen Siliciumgehalt vorteilhaft wirke, weil dieser die Blasenbildung verhindere. Tunner dagegen erklärte mit Recht den Spiegeleisenzusatz nur wegen des Kohlenstoffgehaltes für notwendig. Allerdings wies er auch auf die Wichtigkeit des Siliciumgehaltes des Roheisens für den Frischprozefs hin, indem er die Analogie des Vorgangs mit dem Puddelprozefs betonte. Deshalb sei für weiches Bessemereisen ein siliciumreiches Roheisen erforderlich, während für Bessemerstahl (bei der schwedischen Methode) ein siliciumärmeres Roheisen besser sei, weil sonst das Silicium im

Digitized by Google

Moment der Unterbrechung bei teilweiser Entkohlung noch nicht genügend abgeschieden sei, wodurch die Qualität des Stahls beeinträchtigt werde. Man glaubte damals noch irrigerweise, dafs die Oxydation des Siliciums und des Kohlenstoffs gleichzeitig erfolge. Als einen bedeutenden Mangel des Verfahrens bezeichnete Tunner noch die Unsicherheit in der Herstellung des Produktes, dessen Qualität man erst nach Beendigung des Prozesses beurteilen konnte. Es war nahezu unmöglich, eine bestimmte Sorte zu erzeugen.

John Browns Atlaswerke waren damals die Musteranstalt und dies erstreckte sich auch auf die Verarbeitung der Blöcke, die meistens zu Schienen und schweren Kesselblechen verwendet wurden. Jeder Block (ingot) für eine Eisenbahnschiene erhielt zuerst zwei Glühhitzen, um erst flach, dann in Gesenken verschmiedet zu werden. In weiteren zwei Glühhitzen und in zwölf Kalibern erfolgte das Auswalzen zum fertigen Rail. Man blies drei Chargen den Tag, am Morgen, am Mittag und am Abend je eine. Mehr konnte man nicht machen, weil die Flammöfen nicht mehr Roheisen schmelzen konnten.

Nach dem Muster der Atlaswerke (John Brown) wurde auch die erste deutsche Bessemeranlage, die von Friedrich Krupp in Essen, 1861 erbaut.

1862 errichteten Jackson, Petin und Gaudet zu Assailly eine Bessemeranlage mit Birnen von 5 bis 6 Tonnen (100 bis 120 Centner) Einsatz[1]).

Bessemer hatte damals schon bedeutende Einkünfte aus seiner Erfindung. Die schwedischen Gewerke zahlten ihm für jeden Centner Stahl 1 Franc.

Die Londoner Ausstellung vom Jahre 1862 bewirkte den Sieg des Bessemerverfahrens in der öffentlichen Meinung. Dieser Erfolg machte sich rasch und an vielen Orten geltend.

In England waren die Versuche mit Schienen aus Bessemerstahl, welche die London- und North-Westernbahn 1862 angestellt hatte, so gut ausgefallen, dafs die Gesellschaft von Bessemer das Recht der Ausnutzung des Patentes erwarb und 1863 in Crewe eine eigene Bessemeranlage errichtete.

Die Versuche, die 1862 auf dem Londoner Bahnhofe angestellt worden waren, hatten eine fünffache Dauer der Bessemerschienen gegen Eisenschienen ergeben.

---

[1]) Siehe Armengaud, Génie industr., t. XIV, livr. 7, 8.

Digitized by Google

1863 wurden Bessemerschienen bereits vielfach verwendet, wodurch das Bessemern einen grofsen Aufschwung nahm. In diesem Jahr wurde der Prozefs auf den Cyclopswerken in Sheffield eingeführt.

In Frankreich wurden 1863 Bessemeranlagen zu Creuzot und Rive-de-Gier errichtet.

In Österreich hatte Tunners Aufforderung im Jahre 1861 keinen unmittelbaren Erfolg gehabt, obgleich der Verein der österreichischen Eisenindustriellen sich dafür bemühte. Nach der Londoner Ausstellung brachten aber Tunners fortgesetzte Anregungen es dahin, dafs Fürst Schwarzenberg sich bereit erklärte, den Prozefs auf einem seiner Werke ausführen zu lassen, und Turrach in Steiermark dafür bestimmte. Direktor Korzinek in Murau leitete nach Tunners Angaben die Ausführung. Man entschlofs sich zu dem englischen Verfahren und stellte eine bewegliche Birne auf, die für Chargen von 25 Centner bestimmt war. Zur Winderzeugung diente ein Schiebergebläse von Scholz in Wien, das Wind von 11 bis 12 Pfund Pressung lieferte. Am 23. November 1863 wurden die beiden ersten Probechargen unter Tunners Leitung erblasen. Die Blasezeit betrug 12 bis 18 Minuten. Man erhielt einen reinen, ziemlich harten Stahl, den ersten Bessemerstahl Österreichs.

In Preufsen trat Dr. H. Wedding ähnlich wie Tunner in Österreich für die Einführung des Bessemerverfahrens ein, dessen Lebensfähigkeit für Rheinland und Westfalen und zwar besonders für Roheisen aus Erzen von Siegen, Nassau und dem Soonwald er rechnungsmäfsig nachwies[1]). Er empfahl das englische Verfahren mit Konvertern für 30 Centner. Als Ersatz für Ganister schlug er den sehr feuerfesten Sandstein von Marienberghausen vor. Nach seinen Angaben kostete die Anlage mit zwei englischen Konvertern 36 730 Thlr., während eine entsprechende Anlage nach schwedischem System sich auf 20 600 Thlr. berechnete. Die Anlage der Atlaswerke in Sheffield hatte 42 000 Thlr. gekostet. — Wedding glaubte, dafs man nur graues Roheisen im Konverter mit Vorteil verwenden könne, und dafs Kupolöfen zum Umschmelzen sich nicht eigneten, weil das Roheisen in denselben nicht gereinigt, sondern eher verunreinigt würde.

Die Hermannshütte zu Hörde war aufser Krupp die erste Hütte in Westfalen, welche ein Bessemerwerk anlegte, und dies geschah im Jahre 1863 nach Dr. H. Weddings Vorschlägen. John Browns Anlage in Sheffield diente als Vorbild.

---

[1]) Siehe Preufs. Zeitschrift etc. IX, S. 232.

Digitized by Google

Nach Weddings Mitteilungen[1]) war der Bessemerprozefs 1863 in folgenden Werken in Betrieb oder in Einführung begriffen.

In England in Bessemers Stahlwerk, in den Atlaswerken (John Brown) und in den Cyclops-Werken (C. Cammel) in Sheffield, ferner in den Weardale-Werken in Durham.

In Schweden zu Edsken in Gestrickland, zu Kloster (Långshyttan), zu Siljanfors in Dalekarlien, zu Carlsdahlwerke in Nerike, ferner geplant zu Säfvenäs, Westanforss, Svabenswerk, Schifshyttan und Gebansvind.

In Frankreich bei James Jackson Son & Co. zu Seurin sur l'Isle und zu Afsailly, in Ausführung bei Schneider & Co. zu Creuzot, bei Petin, Gaudet & Co. zu Rive de Gier, aufserdem geplant zu Münsterhausel an der Mosel und zu Imphy.

In Deutschland in Ausübung bei Friedrich Krupp in Essen, im Bau in Hörde, geplant von Jacoby, Haniel & Huyssen in Oberhausen.

In Österreich in Ausführung in Turrach.

In Italien projektiert für Toskana.

In Ostindien im Betrieb zu Porto Novo bei Beypur (Madras).

Im Jahre 1864 wurden in England die grofsen Anlagen in Dowlais und Barrow erbaut.

Im Herbst 1864 waren bereits elf Werke mit 36 Frischbirnen in England im Betriebe[2]): H. Bessemer in Sheffield (2 Birnen), John Brown, Atlas-Works (3 Birnen), Lloyd & Forster in Wednesbury bei Birmingham (3 Birnen), London & North-Western Railway-Company in Crewe bei Manchester (2 Birnen), Bolton bei Manchester auf den Werken der Lancashire-Comp. (2 Birnen), Atlas-Works von Bowan & Co. in Glasgow (2 Birnen), Tudhoe bei Durham auf dem Werke der Weardale Comp. (2 Birnen), Gorton bei Manchester (2 Birnen), zu Dowlais (2 Birnen im Betrieb und 2 im Bau), Victoriawerke bei Ebbw-Vale (2 Birnen im Betrieb und 2 im Bau), zu Barrow (mit 10 zum Teil im Betrieb stehenden Konvertern). Die neuen Birnen waren alle für 5 Tonnen Einsatz konstruiert, John Brown war im Begriff, 2 für 10 Tonnen aufzustellen.

In Schweden und in Frankreich wurden Bessemeröfen auf den obengenannten Werken betrieben, aufserdem noch in Frankreich zu Niederbronn von Gebr. v. Dietrich.

---

[1]) a. a. O.

[2]) E. André, Das Bessemern in England und Schottland. Preufs. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1865, S. 193.

Digitized by Google

In Belgien war das Verfahren mit gutem Erfolg zu Seraing eingeführt worden.

In Deutschland waren neue Anlagen entstanden zu Bochum in Westfalen und zu Gemünd an der Eifel (zwei Konverter); in Vorbereitung waren solche in Oberhausen, Oberbilk bei Düsseldorf und zu Königshütte in Oberschlesien.

In Österreich wurde in diesem Jahre die zweite Bessemeranlage erbaut und zwar in der Heft in Kärnten von der Kompagnie Rauscher. Diese Anlage bietet dadurch ein besonderes Interesse dar, als man gleichzeitig einen stehenden, schwedischen Ofen und eine bewegliche englische Birne aufstellte. Da die Eisenindustrie der österreichischen Alpenländer mit der schwedischen vieles Verwandte hatte, besonders da beide auf dem Holzkohlenbetrieb begründet waren, so herrschte ein günstiges Vorurteil für das schwedische Verfahren. Der schwedische Ofen wurde dann auch zuerst fertiggestellt und in demselben am 4. Juni 1864 unter Tunners Leitung die erste Charge geblasen. Es wurden 25 Centner graues Roheisen direkt vom Hochofen genommen und vom Moment des Eingiefsens bis zum Abstich in 18 Minuten zu einem sehr guten und flüssigen Stahl verblasen. Als Gebläse diente ein Schiebergebläse von Leyser & Stiehler in Wien, deren Konstruktion sich bereits in Sheffield bei John Brown bewährt hatte. Die Fabrikanten hatten 4000 Kubikfufs Wind pro Minute von 18 Pfund Pressung pro Quadratzoll garantiert. Die angewendete Pressung blieb in der Heft meist unter 10½ Pfund auf den Quadratzoll. Die mit dem Produkt sogleich vorgenommenen Schmiede- und Schweifsproben entsprachen vollkommen. Direktor Frey von Prävali machte auf diesem Werk eingehende Proben mit diesem ersten, nach schwedischer Methode in Österreich erblasenen Bessemerstahl und sprach sich sehr günstig über denselben aus. „Alle Sorten des Bessemerstahls“, sagte er, „die harten wie die weichen, besitzen bei gleichem Härtegrad nicht die Sprödigkeit von Stahl von anderer Erzeugungsart und sind dabei ebenso bieg- und dehnbar wie Eisen; sie besitzen also die Eigenschaften des Stahls, ohne die des Eisens zu entbehren. Das specifische Gewicht ist sehr grofs, was auf grofse Reinheit hinweist; die Zerreifsungsproben ergaben sehr günstige Resultate.“ Der Bessemerstahl zeigte fast die doppelte Zerreifsungsfähigkeit wie bestes Schmiedeeisen. Der Preis stellte sich 60 Prozent unter dem von gewöhnlichem Gufsstahl. Da die Hütte in der Heft kein Walzwerk besafs, so übernahm das Eisenwerk Storé die rohen Gufsblöcke, die es unter Hämmern und Walzen zu fertigem Eisen, wie Blech, Stäbe,

Digitized by Google

Winkeleisen, Nieten, Bandeisen, Draht u. s. w., von vorzüglicher Qualität verarbeitete [1]).

Bald nach dem schwedischen Ofen kam auch der englische Konverter in Betrieb, der ebenfalls ein sehr gutes Produkt lieferte.

In Hörde wurden 1864 täglich drei Chargen von 70 bis 80 Centner in 25 bis 30 Minuten verblasen, welche an 200 Centner Stahl ergaben. Für 10 Centner Bessemerstahlschienen wurden damals 70 Thlr. bezahlt, während Puddelstahlschienen 52 Thlr. und Eisenschienen nur 33 Thlr. kosteten. Der höhere Preis der Bessemerschienen wurde aber durch ihr geringes Gewicht und ihre längere Dauer reichlich ausgeglichen.

In Rufsland war der Bessemerprozefs 1864 auf Befehl des Generals A. v. Jossa, Chefs des uralischen Berg- und Hüttenwesens auf dem Kronshüttenwerk Wottinsk an der Kama, im Gouvernement Wiâtka, eingeführt worden. Nachdem man erst mit einem kleinen Ofen von einer Tonne Einsatz angefangen hatte, baute man 1864 einen gröfseren für Chargen von 3 Tonnen. Das vorzügliche graue Roheisen aus reinen Magneteisensteinen mit Holzkohlen erblasen, ergab einen vortrefflichen Stahl, der sich namentlich für Geschütze sehr bewährte.

Die günstigen Erfolge zu Turrach und in der Heft veranlafsten 1864 den Kaiser von Österreich, in Übereinstimmung mit der Reichsvertretung die Mittel zu bewilligen, um auf dem Staatseisenwerk zu Neuberg in Steiermark ein gröfseres Bessemerwerk, besonders für Eisenbahnbedarf zu erbauen. Die Ausführung erfolgte noch in der zweiten Hälfte des Jahres, so dafs schon Anfang Februar 1865 die Bessemerversuche in Neuberg begonnen werden konnten.

Gleichzeitig hatte die k. k. Südbahngesellschaft auf Anregung ihres rührigen Walzwerkdirektors J. Hall und nach dem Vorbilde der englischen Nord-Westbahn-Gesellschaft beschlossen, für ihren eigenen Bedarf, namentlich an Schienen, ein Bessemerwerk in Anschlufs an ihr Walzwerk in Graz zu erbauen. Dieses neue Werk kam schon Mitte Dezember in Betrieb.

Ehe wir die weiteren bedeutenden Fortschritte der Bessemerfabrikation in dem Jahre 1865 betrachten, müssen wir einen Rückblick werfen auf die technischen Fortschritte und das wissenschaftliche Verständnis in den letzten Jahren.

---

[1]) Siehe Österreich. Zeitschr. für Berg- u. Hüttenwesen 1865, S. 4.

Digitized by Google

Den äufseren Verlauf des Bessemerfrischens hatten sowohl der Erfinder in seinen Vorträgen[1]), als auch andere Schriftsteller geschildert.

Mit besonderer Klarheit geschah dies von H. Wedding in seiner Abhandlung von 1863[2]). Er bemerkt darin, dafs man bei dem schwedischen Verfahren zwei, bei dem englischen drei Perioden unterscheide. Die erste, die Fein- oder schlackenbildende, Periode dauere in der Regel 4 bis 6 Minuten. Es oxydiert dabei hauptsächlich Eisen (Mangan) und Silicium, wodurch nach Gruners Berechnung eine so starke Erwärmung der Masse stattfindet, dafs selbst Stabeisen flüssig bleibt. Ein Siliciumgehalt von 1 bis 2 Prozent ist deshalb sowohl zur Wärme- als zur Schlackenbildung vorteilhaft. Graphit geht in chemisch gebundenen Kohlenstoff über.

Hierauf folgt die zweite, die Koch-Stahlbildungs- oder Eruptionsperiode. Bei dieser findet hauptsächlich die Oxydation des Kohlenstoffs statt, wobei durch die Bildung des Kohlenoxydgases, welches entweicht, Wärme gebunden wird. Sie dauert meist 6 bis 8 Minuten.

Sodann beginnt die dritte, die Frischperiode, in welcher der Rest des Kohlenstoffs oxydiert und der Stahl in übergares (verbranntes) grobkrystallinisches Eisen übergeführt wird. Durch Zufügen von geschmolzenem reinen Spiegeleisen wird dieses wieder gekohlt und ein weicheres oder härteres Produkt (Stahl) erzeugt.

Bei dem schwedischen Verfahren unterbrach man den Prozefs 1 bis 2 Minuten nach der Beendigung des Kochens, ehe der Kohlenstoff völlig verbrannt war. Ein Nachsatz von Spiegeleisen fand deshalb hier nicht statt; das abgestochene Produkt enthielt noch mehr oder weniger Kohlenstoff, je nachdem man härteren oder weicheren Stahl erzeugen wollte.

Die drei Perioden des Bessemerprozesses sind charakterisiert durch die Flammenerscheinungen. In der ersten Periode ist diese dem Halse der Birne entströmende Flamme schwach leuchtend, rötlichbraun bis gelblich, dabei werden ziemlich viele rauschende und strahlende Funken von verbrennendem Eisen ausgeworfen. In der zweiten Periode findet unter heftigem Aufkochen eine starke Kohlenoxydgasentwickelung statt bei starker, hellleuchtender Flamme unterbrochen durch Explosionen,

---

[1]) Vergl. Percy, Iron and Steel, p. 817.

[2]) Die Resultate des Bessemerprozesses für die Darstellung von Stahl und Aussichten desselben für die rheinische und westfälische Eisen- und Stahlindustrie in Preufs. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen, Bd. XI, 1863, S. 256.

Digitized by Google

durch welche flüssige Massen, hauptsächlich Schlacke, aus dem Hals der Birne geschleudert werden, während der Funkenregen von verbrennendem Eisen nachläfst. Die Flamme nimmt dabei eine blaue Färbung an.

In der dritten Periode läfst das Leuchten der Flamme nach, sie wird durchsichtig, blauviolett, von grünen und blauen Streifen unterbrochen; der Eisenfunkenregen nimmt wieder zu.

Diese Flammenerscheinungen treten im allgemeinen beim Bessemerprozefs in gleicher Weise auf, im einzelnen ist die Färbung der Flamme nach der Natur und chemischen Zusammensetzung des Roheisens allerdings oft recht abweichend. Die Beobachtung der Flamme ist aber trotzdem das wichtigste Mittel zur Beurteilung des Verlaufs des Prozesses, insbesondere der Abscheidung des Kohlenstoffs. — Schöpfproben kann man kaum benutzen, denn um sie zu nehmen, mufs man die Birne umkippen und den Wind abstellen, also den Prozefs unterbrechen, und wenn man sie hat, dauert es zu lange, um aus ihrer Untersuchung einen Schlufs auf den gegenwärtigen Prozefs zu ziehen, da dieser viel zu rasch beendet ist. Hierzu sind Spiefsproben, die Tunner 1863 vorschlug, schon besser geeignet, aber auch sie fanden wegen der Schwierigkeit des Probenehmens damals noch keine Anwendung. Dagegen fand man in der neuentdeckten Spektralanalyse ein wichtiges Mittel, die Verbrennung und das Verschwinden des Kohlenstoffs in der Bessemerflamme genauer beobachten zu können.

1860 hatten Kirchhoff und Bunsen die Übereinstimmung von Fraunhoferschen Linien im Sonnenspektrum mit den Linien im Spektrum einiger chemischer Elemente nachgewiesen. Dies führte sie zur Ermittelung der Spektren aller wichtigen Elemente im gasförmigen Zustand und daraus entsprang die Entdeckung der Spektralanalyse, eine der geistreichsten und wichtigsten Erfindungen dieses Jahrhunderts.

1862 schlug William Bagge in Sheffield die Spektrolyse als Mittel zur Betrachtung der Vorgänge in der Bessemerflamme vor und Professor Roscoe, ein Schüler und Freund Bunsens, unternahm es noch in demselben Jahre, Versuche auf dem Atlaswerk von Brown anzustellen.

Im Jahre 1863 konnte er schon in der philosophischen Gesellschaft in Manchester mitteilen, dafs das Spektrum der Bessemerflamme hinreichend charakteristisch sei, um durch dasselbe den Prozefs zu beobachten, und 1864 verkündete er in der Royal Institution in

Digitized by Google

London, dass die Anwendung des Spektroskops zur Bestimmung des richtigen Punktes der Entkohlung bei John Brown in Sheffield praktisch eingeführt sei[1]).

Weniger sorgfältig waren bis zum Jahre 1865 noch die chemischen Vorgänge in den verschiedenen Perioden des Bessemerprozesses erforscht worden.

Ullgren in Schweden hatte Analysen der Hochofenbeschickung für Bessemereisen in Edsken und des daraus erblasenen Roheisens gemacht, die Grill in seinem Berichte von 1861 veröffentlichte. Ebenso hatte Boman Analysen schwedischer Bessemerroheisensorten mitgeteilt[2]).

Abel in Woolwich analysierte das ganz entkohlte Produkt, über dessen chemische Reinheit er erstaunt war. Percy veröffentlichte Analysen von Tookey von Roheisen und dem daraus erhaltenen Bessemereisen, aus denen hervorging, dafs Schwefel und Phosphor nicht abgeschieden wurden[3]). An einer analytischen Untersuchung der Vorgänge während des Prozesses fehlte es noch gänzlich.

Über das erhaltene Produkt waren die Ansichten verschieden, während man das gute Material in Schweden anstandslos als Stahl bezeichnete und als solchen behandelte, erkannte man es in England nicht als solchen an, man erklärte es vielmehr für ein kohlenstoffreiches, sehr hartes Schmiedeeisen von gleichmäfsiger Struktur, aber geringer Elastizität, welches kaum eine brauchbare Härte annähme. John Brown und selbst Bessemer teilten diese Ansicht, letzterer nannte es daher Homogeneisen. Dagegen hatte das zu Turrach und in der Heft erzeugte Material ebenfalls wirklichen Stahlcharakter.

Der gröfste Mangel des Bessemerprozesses bestand entschieden darin, dafs man aus schwefel- und phosphorhaltigem Roheisen kein brauchbares Produkt erhielt. Da aber die meisten Roheisensorten, in England wie auch in Frankreich, Deutschland und Belgien, Schwefel und Phosphor enthielten, so war der Prozefs auf den gröfsten Teil des Roheisens nicht anwendbar. Percy, der aus diesem Grunde selbst im Jahre 1864 noch keine grofse Hoffnung auf die Zukunft des Bessemerprozesses setzte, sagte in seiner Metallurgie des Eisens: „Damit das Bessemerverfahren für unser Land allgemein brauchbar werde, mufs erst eine Methode erfunden werden, Roheisen frei von Schwefel und Phosphor aus unseren Erzen und den gebräuchlichen Brenn-

[1]) Vergl. Roscoe, Spektralanalytische Untersuchung der Bessemerflamme. Philos. Magaz. 1864, Vol. 28, Nr. 168, S. 318.

[2]) Siehe Kerl a. a. O. III, 655.

[3]) Siehe Percy, Iron and Steel, p. 819.

Digitized by Google

stoffen herzustellen. Es mag das ein schwieriges Problem sein, aber es ist kein hoffnungsloses."

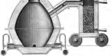
Der Weg, ein solches schwefel- und phosphorfreies Roheisen schon im Hochofen zu erzeugen, wurde aber nur insofern mit Erfolg betreten, als man reine Erze zu verschmelzen suchte und solche auf dem Seeweg von Schweden, Spanien, Nordafrika, Nordamerika u. s. w. bezog. Die meisten Anstrengungen blieben aber darauf gerichtet, den Schwefel und Phosphor im Roheisen bei dem Frischprozeſs zu entfernen. **Bessemers** mannigfache Bemühungen in dieser Richtung hatten zu keinem Erfolg geführt, demungeachtet setzte er sie fort.

Fig. 92.

Robert Mushet glaubte seit 1859 in dem Titan ein Heilmittel für alle Schäden, auch die des Bessemereisens, gefunden zu haben, ohne sich um dessen chemische Wirkung weiter zu kümmern. Ein groſser Teil der vielen Patente für die Verwendung von Titan zur Stahlbereitung, die er in den folgenden Jahren nahm, beziehen sich auch auf den Bessemerstahl[1]).

Einen anderen Weg schlug **George Parry** zu Ebbw-Vale ein. Er schmolz das aus phosphorhaltigen Erzen gepuddelte und von Phosphor

Fig. 93.



ziemlich gereinigte Schmiedeeisen in einem Kupolofen mit horizontalen und geneigten Düsen (Umwandlungsofen), Fig. 92, bei hoher Temperatur um und stach das so erzeugte Roheisen in einen mit Gasgenerator verbundenen Konverter, Fig. 93, ab, wo es zu Stahl verblasen wurde.

[1]) Er bezeichnete diesen als the malleable iron, semi-steel, or cast steel, produced by passing air through molten cast iron, so as to wholly or partially decarburize it. Pat. Nr. 3070. 13. Dezember 1860.

Digitized by Google

Für dieses Verfahren, welches in Südwales zur Ausführung kam, erhielt Parry am 18. November 1861 ein Patent (E. P. Nr. 2900).

J. M. Rowan erhielt am 13. Januar 1862 ein Patent auf ein Verfahren, die Unreinigkeiten im Roheisen, Schwefel, Phosphor und Kiesel („silica"), durch Einblasen von Chlor oder Fluorwasserstoffsäure mit dem Wind in die Bessemerbirne zu entfernen. Von einem praktischen Erfolg dieses Verfahrens ist nichts bekannt geworden. Dasselbe gilt von dem nachfolgenden Vorschlag.

F. Yates nahm für Gurlt („A communication from Adolph Gurlt") am 17. Dezember 1864 ein Patent auf die Entschweflung durch Einrühren von Blei oder Bleioxyd in das flüssige Roheisen und auf Entphosphorung durch Schmelzen der phosphorhaltigen Erze mit einem Überschufs von Kieselerde. Dadurch sollte der Phosphor in einen „amorphen Zustand" übergeführt werden, in dem er beim Frischen und Bessemern leicht abgeschieden werde.

John Ramsbottom wollte Schwefel und Phosphor durch Einblasen von Kohlenwasserstoff mit dem Wind (im Verhältnis von 1 : 30) entfernen und erhielt darauf am 12. Dezember 1864 ein Patent.

Bessemer selbst hatte in diesem Zeitraum ebenfalls wieder mehrere Patente für Verbesserungen seines Prozesses genommen, die wir kurz betrachten müssen.

Das Patent vom 8. Januar 1862 bezieht sich aufser den früher schon erwähnten Verbesserungen an den Winddüsen und dem Boden der Birne auch auf eine selbstthätige Windklappe, die den Zutritt des Windes beim Kippen regelt und die einige Jahre hindurch auf vielen englischen Werken angewendet wurde. Das Patent sieht auch horizontale Windformen mit gröfseren Öffnungen vor, die in einzelnen Fällen den Vorzug verdienen sollen.

Bessemer schlug vor, hydraulische Pressen auch für die Verarbeitung der Gufsblöcke zu verwenden und die geprefsten Blöcke dann mit hydraulischen Scheren in entsprechende Stücke zur weiteren Verarbeitung zu zerschneiden. In dem hierauf bezüglichen Patente vom 13. Januar 1863 wird ferner für sehr schwere Güsse ein stehender Ofen von besonderer Konstruktion angegeben. Auch bei diesem soll der Wind durch Düsen von unten eintreten, jede Düse soll aber durch einen beweglichen Pfropfen als Ventil verschlossen sein, so dafs der Wind abgestellt werden könnte, ohne dafs das flüssige Metall in die Düsen eindringt. Auch schlägt Bessemer vor, die Konverter horizontal zu teilen, so dafs der obere Teil als Haube von dem Boden mit dem flüssigen Inhalt

Digitized by Google

abgehoben werden könne. Der mit dem Boden verbundene Windkasten soll mit Rädern versehen werden, so daſs der Boden, sobald er schadhaft wird, weggefahren und ein neuer an seine Stelle gebracht werden kann. Will man dem Roheisen eine andere Beimischung geben, so soll dies in der Guſspfanne geschehen, in welche ein Rührwerk eingetaucht werden kann. Der Zusatz von Spiegeleisen oder einer entsprechenden Legierung soll genau nach dem Gewicht geschehen. Zu dem Zwecke sind die Guſspfanne und die Zusatzpfanne mit Wiegevorrichtungen versehen, so daſs man nach der Ermittelung des Gewichtes des entkohlten Metalls den erforderlichen Spiegeleisenzusatz genau bemessen kann.

Mushet schlug dagegen vor, die Mischung mit Hülfe von zwei Konvertern vorzunehmen, von denen der eine in den andern ausgieſst, wodurch letzterer zugleich ohne Kosten vorgewärmt wird (Patent vom 26. März 1863), oder er lieſs die beiden flüssigen Metalle, die vermischt werden sollen, gleichzeitig in Strahlen in die Guſspfanne einflieſsen und rührte dann noch mit Holzstangen um (Patent vom 26. Juni 1863). Um billigeren Stahl zu erzeugen, setzt Mushet auſser Spiegeleisen auch noch schwedisches oder anderes Holzkohlen- oder Hämatitroheisen zu. Guſsstahl will er erhalten durch Mischen von entkohltem Bessemereisen mit flüssigem gefeinten Roheisen (100 : 20 bis 50).

Von gröſserer Bedeutung war ein Patent von E. Vickers vom 28. August 1863, in welchem dem Gedanken Ausdruck gegeben war, die Homogenität des Stahls dadurch zu erhöhen, daſs man das flüssige Metall vor dem Vergieſsen erst noch in ein anderes Gefäſs oder einen Ofen leitet und dort einer Glühhitze aussetzt, „bis die Umwandlung vollendet ist“, worauf man beim Vergieſsen eine dichte, feste, blasen- und löcherfreie Masse erhalte. Diese Erfahrung ist in der Folge vielfach benutzt worden.

Am 5. November 1863 nahm Bessemer zwei neue Patente. Von diesen bezieht sich das erste auf die Fabrikation von Bessemerschienen und lehrt die Vernutzung alter Schienen bei der Fabrikation, indem man dieselben einfach in Stücke geschnitten und vorgewärmt in das heiſse Metallbad einwirft und dann wie sonst bläst. Das zweite Patent knüpft hieran an, indem eine Verbilligung des Verfahrens dadurch erzielt werden soll, daſs man nur einen Teil des Roheisens im Flammofen einschmelzt, die übrigen Stücke aber nur vorgewärmt in das Bad im Konverter einwirft. Zum Einwerfen kann man auch aus geringerem Roheisen hergestelltes Feineisen verwenden. Der Vor-

Digitized by Google

wärmeherd soll mit dem Schmelzofen verbunden sein und auf Rädern stehen, so daſs der Ofen mit dem Einsatz dicht an den Konverter herangefahren und in ihn entleert werden kann. Statt Roh- oder Feineisen kann man auch Puddeleisen auf diese Weise nachsetzen.

Ferner wird in diesem Patent vorgeschlagen, das Glühen oder das Glühen und teilweise Einschmelzen in dem Konverter selbst vorzunehmen, was in geneigter Stellung mit Koks geschehen soll. Auch kann das Erhitzen und Schmelzen mit Hülfe zugeleiteter brennbarer Gase, wozu die Gichtgase der Hochöfen verwendbar seien, vorgenommen werden.

Am 2. Juni 1864 nahm der Deutsche Oskar E. Prieger aus Bonn sein englisches Patent auf die Herstellung des Ferromangans, jener manganreichen Eisenlegierung, die bestimmt war, zur Stahlverbesserung zu dienen, und später vielfach dazu verwendet wurde, um das Spiegeleisen, das nicht immer und überall zu haben war, zu ersetzen. Zur Herstellung mischte er feingepulvertes Manganerz mit Holzkohlenpulver und schmolz dies unter Zusatz von Eisenstückchen in Graphittiegeln. Prieger gab an, daſs die Legierung 60, ja selbst 80 Prozent Mangan enthalten könne und dabei noch durchaus homogen sei.

Das schon von Vickers im vorhergehenden Jahre patentierte Verfahren, blasenfreie Stahlgüsse dadurch zu erlangen, daſs man das flüssige Metall in einem besonderen Ofen längere Zeit in flüssigem Zustande erhitzte, wurde am 2. November 1864 E. L. S. Benzon (nach einer Mitteilung von A. Lohage) von neuem patentiert. Das Metall soll dabei nach Angabe des Erfinders unter einer neutralen Schlackendecke überschmolzen oder überhitzt werden, wodurch es dünnflüssig und ganz gleichförmig werde.

Seit 1864 machte das Bessemerverfahren von Jahr zu Jahr gröſsere und raschere Fortschritte. Die Überlegenheit des englischen Konverterverfahrens machte sich dabei immer mehr geltend. Trotzdem Tunner das schwedische Verfahren für die österreichischen Alpenländer empfohlen hatte, wurden doch die beiden Anfang 1865 in Betrieb gesetzten Bessemerwerke zu Graz und zu Neuberg ganz nach englischem Muster erbaut. Das letztgenannte Staatswerk, welches gleichfalls unter Tunners Patenschaft am 9. Februar 1865 den Betrieb eröffnet hatte, wurde die Lehr- und Musteranstalt für die nachfolgenden österreichischen Werke, von denen die Bessemerhütten zu Judenburg in Steiermark, Prävali in Kärnten, Witkowitz in Mähren und Anina im Banat noch 1865 vollendet wurden.

Digitized by Google

Die Einführung des Bessemerverfahrens auf der Königshütte in Schlesien bietet deshalb besonderes Interesse dar, weil hier nur unreine, besonders auch phosphorhaltige Roheisensorten zur Verfügung standen, die Schwierigkeiten von vornherein also viel gröfser waren. Das Bessemerwerk daselbst war im Herbst 1864 nach Skizzen von Wedding erbaut worden und kam am 26. Januar 1865 in Betrieb. Bei den Probefrischen verwendete man Cumberländer Roheisen. Bergrat Ulrich leitete die Versuche. Da das gewöhnliche Königshütter Roheisen wegen seines Phosphorgehaltes ein unbrauchbares Produkt ergab, versuchte man erst Parrys Verfahren. Doch erhielt man mit Schmiedeeisenabfällen, die man im Kupolofen umschmolz, ebenfalls kein gutes Resultat. Dasselbe wurde etwas besser, als man das Roheisen zu Feinkorneisen verpuddelte und dieses im Kupolofen wieder zu grauem Roheisen umschmolz. Der Gehalt des Roheisens an Phosphor betrug 0,497, er verminderte sich beim Puddeln bis zum Eintritt der Kochperiode auf 0,298 und betrug am Ende noch 0,100 Prozent. Die Herstellungskosten wurden aber dadurch zu hoch. Dieses Kupolofenroheisen war teurer als bestes englisches Hämatit-Bessemereisen auf der Hütte. Aufserdem enthielt dieses Parry-Roheisen zu wenig Silicium. Ein 1865 von Emil Andre gemachter Vorschlag, den Konverter mit gebranntem Kalk oder Dolomit unter Zusatz von etwas Thon auszustampfen, wurde von der Oberbehörde als zu bedenklich abgelehnt. Nach vielen Versuchen kam man erst in den folgenden Jahren dadurch zu günstigeren Ergebnissen, dafs es gelang, eine geeignetere Möllerung für den Hochofen auszumitteln, wodurch man ein phosphorärmeres Roheisen erhielt. Dies wurde erreicht durch die Verwendung eines zwar armen, aber manganhaltigen Zuschlagserzes, dem man vordem seines geringen Eisengehaltes wegen keine Beachtung geschenkt hatte.

Über die technischen Fortschritte des Bessemerverfahrens im Jahre 1865 liegt vor allem wieder ein gediegener Bericht von Tunner vor. Er führt darin aus, dafs man in England von dem früher üblichen Verfahren, die Birne nach dem Zusatz von Spiegeleisen aufzurichten und zur besseren Mischung nochmals durchzublasen, abgekommen sei, da sich die Mischung hinreichend beim Ausgiefsen in die Gufspfanne vollziehe; auch glaubte man hierdurch dichtere Güsse zu erhalten. Von dem in England aufgekommenen Verfahren, Schrot, Schmiedeeisenabfälle, Gufsschalen u. s. w. in die Birne zu werfen und das flüssige Roheisen darüber laufen zu lassen, rät Tunner im Interesse der Güte des Produktes ab, obgleich man auch in Schweden (Lilianfors) dieses angefangen habe. In Neuberg erzielte man bessere,

Digitized by Google

reinere Güsse dadurch, dafs man die flüssige Metallmasse erst eine Zeit lang in der Birne stehen liefs, ehe man ausgofs. Das Anwärmen der Konverter mit Gas war bei Krupp schon längere Zeit mit Erfolg eingeführt. Die lästige Thatsache, dafs sich der Phosphor des Roheisens durch den pneumatischen Prozefs nicht abscheiden liefs, wurde so erklärt, dafs bei der ersten Periode der Schlackenbildung zwar der Phosphor sich oxydiere und als Phosphorsäure in die Schlacke ginge, dafs er aber, da die Schlacke im Ofen bleibe, durch die steigende Temperatur namentlich in der dritten Periode wieder reduziert und in das Eisen übergeführt würde. Deshalb hatte Wedding den theoretisch wohl gerechtfertigten Vorschlag gemacht, den Prozefs nach der ersten Periode und vor Eintritt der Kochperiode zu unterbrechen und die Schlacke zu entfernen und durch eingeschmolzene phosphorfreie Schlacken zu ersetzen. Indessen erwiesen sich die Schwierigkeiten der Ausführung dieses Vorschlags als zu grofs. Die Erfahrung lehrte, dafs das Bessemermetall viel empfindlicher gegen einen Phosphorgehalt des Roheisens ist, als nach anderen Methoden gefrischtes Stabeisen. Man hielt im allgemeinen Roheisen mit 0,05 bis 0,06 Prozent Phosphor für unbrauchbar, doch war dies nicht absolut richtig denn in Neuberg ergab Roheisen von 0,1 und etwas mehr Phosphor noch ein gutes Bessemermetall.

Das direkte Einleiten des flüssigen Roheisens aus dem Hochofen in die Birne hatte sich nicht bewährt. Das Spiegeleisen zog Tunner dem in England aufgekommenen Ferromangan vor. Siegener Spiegeleisen hatte das amerikanische Frankliniteisen und schwedisches Roheisen als Kohlungsmittel verdrängt.

Die Vorteile des hydraulischen Kranenbetriebes mit Akkumulatoren, der zuerst in Crewe eingeführt worden zu sein scheint, hatten sich bei der neuen Anlage in Graz 1865 deutlich gezeigt. Dort verwendete man einen Akkumulator für 30 Pferdekräfte, wovon 12 bis 15 für die Bewegung der beiden Kräne benutzt wurden. Die Arbeit ging damit so rasch von statten, dafs von Beginn des Ausgiefsens in die Gufspfanne bis zum fertigen Gufs der Ingots nur drei Minuten verstrichen. Der ganze Prozefs dauerte bei einer Charge von 70 Centner nur 16 Minuten. Jeder Gufsblock von 6 Centner lieferte eine Schiene. Zum Auswalzen dienten nur 5 Kaliber, aber 14 bis 16 Durchgänge, der Abbrand betrug 15 Prozent, der Abfall 8¼ Prozent, so dafs sich 76¾ Prozent reine Blöcke ergaben.

Eine wichtige Verbesserung führte Schmidthammer 1865 in Neuberg ein, indem er, statt die Böden in der Birne zu erneuern und

Digitized by Google

zu stampfen, auswechselbare Böden anfertigen liefs und die ganzen Böden wegnahm und durch neue ersetzte[1]).

Zu Nischne-Tagilsk am Ural hatte man Konverter mit seitlicher Windzuführung durch zwei geneigte Formen von $1^5/_8$ Zoll Mündung. Hierfür waren zwei eiserne Rohre mit in das Futter eingestampft. Diese Einrichtung war bedeutend billiger als die kostspieligen Böden mit den vielen engen Düsen. Tunner weist auch darauf hin, dafs bei dieser Stellung der Formen leicht Spiefs- und Spanproben zu nehmen seien. Im ganzen kann aber diese Konstruktion nur als ein Rückschritt zu den anfänglichen Versuchsöfen Bessemers bezeichnet werden und hat sich auf die Dauer nicht bewährt.

Tunner hält von dem von Wagner in Mariazell vorgeschlagenen Zusatz von Blei in den Bessemerofen wegen der Flüchtigkeit desselben nichts, er möchte eher das Eintragen von Bleiglätte, Braunstein und Kochsalz auf den Boden der Giefspfanne empfehlen.

Über die Verbesserungen des pneumatischen Prozesses in England 1864 entnehmen wir noch einiges einem Reisebericht von Emil Andre[2]).

John Brown in Sheffield stürzte die Birne nach erfolgtem Ausgiefsen nicht nur ganz um, sondern blies sie noch längere Zeit mit Wind von 3 bis 4 Pfund Pressung aus. Nach $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunden wurden dann durch den Fuchs 4 bis 6 Eimer eines Breies aus Ganister eingeschüttet und mit diesem das Futter geflickt. Diese Manipulation war das einzige Geheimnis der langen Kampagnen der Birnen in England, in denen man bis 50 Chargen mit demselben Futter machte. Das Vorwärmen der Birnen geschah mit Gas besser als mit Koks. Man bediente sich dafür eines auf Rädern laufenden Generators.

In Sheffield, Wednesbury und Crewe machten 2 Birnen in 12 Stunden 4 Chargen, in Glasgow 1 Birne 3 Chargen. Das Ausbringen an gutem Material betrug 70 bis 80 Prozent, die etwa 14 Prozent betragenden Eisenabfälle gingen zum Hochofen zurück.

Das Material für die englische Fabrikation war das Hämatitroheisen; das der Lancashire Comp. enthielt 4,50 Silicium, 3,30 Graphit, 0,08 chemisch gebundenen Kohlenstoff, 0,04 Phosphor, 0,09 Schwefel und 0,57 Mangan. Nach Bessemer betrug das zulässige Maximum von Phosphor 0,2, das Minimum von Silicium 2 Prozent. Die Windpressung hatte im Verhältnis der gröfseren Einsätze bedeutend zugenommen, dementsprechend mufsten auch die Gebläsemaschinen stärker sein. Während man bei den schwedischen Öfen mit 6 bis

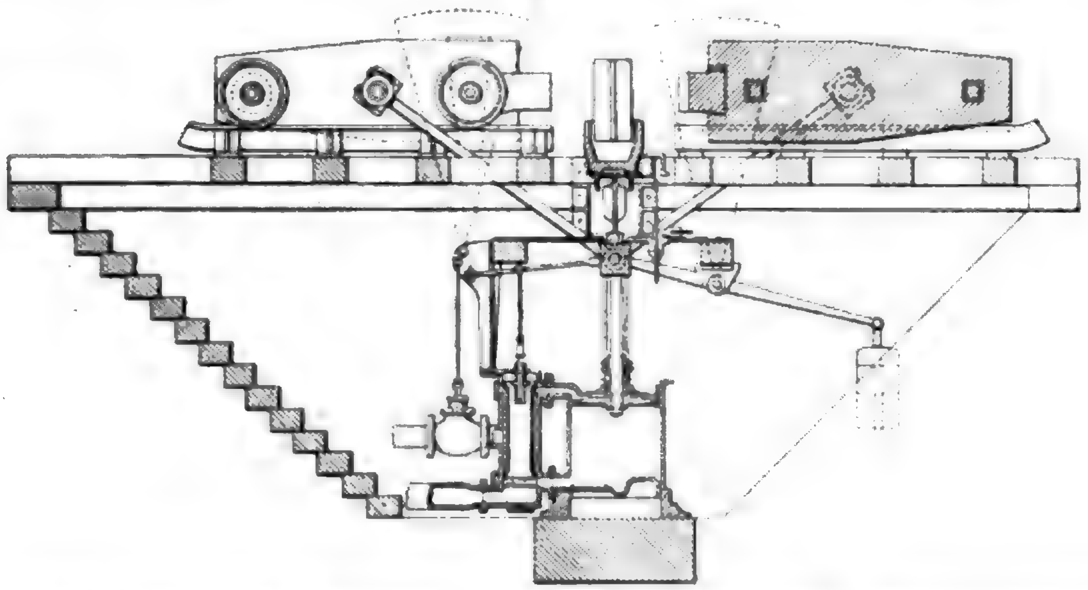
[1]) Siehe Tunner, Kärntnische Zeitschrift 1875, S. 233.

[2]) Siehe Preufs. Zeitschr. 1865.

8 Pfund Pressung auskam, verlangten die Konverter 15 bis 20 Pfund auf den Quadratzoll. Bei John Brown berechnete man auf 100 Pfund Einsatz 495 Kubikfufs Wind. Bei den Gebläsen war man ziemlich allgemein zu kleinen Windklappen mit Kautschukringen an Stelle der Deckelklappen übergegangen. Die Zahl der Düsen war verschieden. In Glasgow hatte ein Konverter 7 Ferne mit 7 Öffnungen (Düsen), in Crewe 12 Ferne mit 12 Öffnungen von $^3/_8$ Zoll Durchmesser. Indessen war man von der übergrofsen Anzahl von Düsen mehr abgekommen. Die selbstthätige Windabsperrung war in England sehr verbreitet.

Zur Erzielung dichter Eingüsse half ein sehr einfaches Verfahren. Sofort nach dem Eingiefsen legte man einen Blechdeckel auf die flüssige Masse und stampfte rasch Formsand darüber, den man mit einer 1 Zoll dicken Platte festkeilte. Am besten gofs man bis zur halben Füllung mit vollem Strahl und liefs dann langsam volllaufen.

Fig. 94.



Die Gufsblöcke wurden unter Dampfhämmern vorgeschmiedet. J. Ramsbottom in Crewe hatte hierfür einen horizontalen Dampfhammer konstruiert, von dem Andre in seinem Reisebericht eine Skizze (Fig. 94) mitgeteilt hat. Zum Ausheizen der Blöcke bediente man sich in England bereits mehrfach Siemensscher Gasschweifsöfen, deren Einsatz sechs überschmiedete Blöcke betrug. Für Bleche gofs man pyramidale Blöcke von 3 bis 4 Fufs Höhe, und drei auf 9 Zoll Seitenmafse. Das Walzen des harten Bessemermetalls mufste langsamer geschehen als bei Puddeleisen und man liefs sehr oft den Stahl die Kaliber zweimal passieren. Die Jahresproduktion Englands im Jahre 1865 wurde zu 630000 Centner angegeben.

Welche ausgezeichnete Dehnbarkeit der Bessemerstahl besafs, zeigt ein Beispiel von der Adolfshütte in Judenburg, wo man 1865 Fein-

Digitized by Google

bleche walzte, von denen 1500 auf einen Zoll gingen, während man Eisenblech nur 1000 bis 1200 Stück auf den Zoll walzen konnte.

Gute Bessemerstahlschienen übertreffen nach neueren Erfahrungen Eisenbahnschienen an Dauer um das Zehnfache; bei Kettenbrücken war die Tragfähigkeit die doppelte. Für Kanonen und im Schiffsbau wurde Bessemerstahl in immer ausgedehnterem Maſse verwendet. So machte man auch die Masten bereits vielfach aus Bessemerstahlblech. Die Festigkeit des Bessemerstahls von Hörde betrug 87 kg pro Quadratmillimeter, die Festigkeit mittlerer Guſsstahlsorten zwischen 75 und 100 kg. Das specifische Gewicht des Bessemerstahls war 7,865, während man sonst für Stahl 7,70 bis 7,85 annahm.

Tunner schlug, indem er die Wichtigkeit guter Sortierung betonte, in diesem Jahre die Einteilung des Bessemermetalls nach seinem Kohlengehalt in 7 Nummern vor, wovon Nr. 1 1,50, Nr. 2 1,25, Nr. 3 1,0, Nr. 4 0,75, Nr. 5 0,5, Nr. 6 0,25, Nr. 7 0,05 Prozent Kohlenstoff enthalten sollte. Er will aber die Sortierung nicht nur nach der Eggertzschen Probe, wie dies in Schweden geschah, vorgenommen haben, sondern auch nach dem Bruchansehen und den Härteproben. In Schweden unterschied man neun Sorten des Bessemermetalls nach dem Kohlenstoffgehalt.

Zum Schluſs erwähnen wir noch einige Erfindungen und Patente aus dem Jahre 1865.

Christian P. Thal in Petersburg schlug einen abgeänderten Bessemerapparat vor, der billigeren Betrieb und gleichförmigeres Produkt ergeben sollte, durch seine Kompliziertheit aber unpraktisch war[1]).

Nyström in Gloucester bei Philadelphia (V. St.) änderte das Bessemerverfahren in der Weise ab, daſs er den Wind unmittelbar unter der Oberfläche des Metallbades eintreten lieſs. Dadurch wurde der Prozeſs zwar sehr verlangsamt, aber angeblich ein reineres Produkt erzeugt. Es sollte jede Art von Stahl oder Eisen wie beim Puddelofen erzeugt werden können. Ein Erfolg ist nicht zu verzeichnen.

W. Baker nahm am 7. Januar 1865 in England ein Patent, in dem er metallisches Zink zur Reinigung des Eisens von Schwefel und Phosphor vorschlug und zwar einen Zusatz von 10 bis 20 Pfund auf die Tonne Eisen.

---

[1]) Siehe Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1865, S. 351, Taf. XII, Fig. 13.

Digitized by Google

Robert Mushet schlug vor, die Reinigung des Eisens von Schwefel und Phosphor beim Bessemern dadurch zu bewirken, dafs man wiederholt reines Spiegeleisen zusetzt und dann wieder Luft durchbläst, bis das Metall genügend gereinigt ist (Patent vom 9. März 1865). James Henderson wollte dies schon im Hochofen durch Zusatz von Manganerzen, besonders aber durch Franklinit bewirken.

H. Bessemer nahm am 3. November ein neues Patent, dessen Hauptzweck war, das Parrysche Verfahren, welches in Südwales Eingang gefunden hatte, in den Bereich seiner Privilegien mit einzubeziehen. Er erreichte dies dadurch, dafs er das Feinen oder Puddeln in einem neuerfundenen oscillierenden Gaspuddelofen vornahm. Es sei auch nicht nötig, das Metall in Luppen zu formen, dagegen empfiehlt er, die gepuddelte Masse dadurch zu zängen und die Schlacke auszupressen, dafs er sie zwischen wassergekühlte horizontale Walzen durchgleiten läfst, wodurch sie zu Kuchen geformt wird. Diese werden in einem Schachtofen mit Koks unter Zuleitung von Kohlenoxydgas oder einem Gasflammofen wieder zu Roheisen umgeschmolzen und dann mit etwas grauem Gufseisen vermischt in der Birne verblasen.

Grill teilt mit, dafs Bessemer im Jahre 1865 aus seinen Patentgebühren wöchentlich schon 1000 £. bezog, welche Summe sich in kurzem auf 3000 £. erhöhen dürfte.

Über die Fortschritte der Bessemerindustrie im Jahre 1866 liegen gute Berichte von Ulrich, Wiebmer und Drefsler[1]), die in diesem Jahre im Auftrag der preufsischen Regierung England bereisten, und von P. Tunner[2]) vor. Letzterer konstatiert, dafs in England mehr, in Frankreich und Deutschland mindestens ebensoviel Bessemermetall erzeugt werde als in Schweden. Ein Zusatz von 10 bis 20 Prozent Spiegeleisen sei in den obengenannten Ländern allgemein gebräuchlich. Die in Frankreich eingeführte Bewegung der Birne durch Dampfkraft bezeichnet er als eine wesentliche Verbesserung. Die selbstthätige Windabsperrung habe sich nicht bewährt. Die guten Erfolge mit halbiertem Roheisen bewiesen, dafs das Roheisen nicht unbedingt grau und gar zu sein brauche. Man habe gelernt, die Thonformen durch starkes Pressen und Brennen haltbarer zu machen. Nach seiner Ansicht verdiene bei reinem Holzkohlenroheisen die schwedische Methode den Vorzug, weil sie einfacher und billiger sei, dagegen gewähre die englische gröfsere Sicherheit.

---

[1]) Preufs. Zeitschrift 1866.

[2]) Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1866, S. 173.

Digitized by Google

Den preufsischen Hütteningenieuren Ulrich, Wiebmer und Drefsler fiel in England zunächst die auf allen Werken eingeführte Vergröfserung der Frischbirnen auf. Schneider, Hanay & Co. in Barrow hatten 12 Birnen zu 10 Tonnen Einsatz. Eine Birne zu 10 Tonnen hatte 12 Ferne zu 13 Öffnungen von $^3/_8$ Zoll Durchmesser. Die neuen Flammöfen zum Einschmelzen des Roheisens waren nach dem Patent von John Clayton in West-Bromwich erbaut. Sie zeichneten sich durch einen gewölbten Rost, durch den die Luft von allen vier Seiten eintreten konnte, aus. Der Rost war 5 Fufs im Quadrat, der Herd 5 Fufs breit und 12 Fufs lang. Das Einschmelzen dauerte $3^1/_2$ bis 5 Stunden. Die gröfseren Einsätze der Birnen erforderten keine längere Blasezeit. Diese dauerte bei J. Brown nur $12^1/_2$ Minuten. Auch entkohlte man nicht immer mehr vollständig, sondern unterbrach früher. Dies erforderte freilich gröfsere Aufmerksamkeit, man ersparte aber an Abbrand und Spiegeleisenzusatz. Auch in England war es Gebrauch geworden, das fertige Metall noch eine Zeit lang in der Birne stehen zu lassen, um dadurch dichtere Güsse zu bekommen. Letzteres wurde aufserdem befördert durch das Giefsen mit unterbrochenem Strahl, wobei man das Metall in der Form nur bis zu einer gewissen Marke aufsteigen liefs, dann den Gufs unterbrach und erst nachfüllte, wenn sich das Metall gesetzt und beruhigt hatte. Die Coquillen wurden mit gelöschtem Kalk ausgestrichen. Bei vollem Betrieb machte man vier Chargen den Tag. Sofortige Weiterverarbeitung fand meist noch nicht statt, man liefs vielmehr die Güsse erkalten. Eisenbahnschienen, Radkränze, Schiffswellen und Geschosse waren Hauptartikel. Sehr wichtig war aber auch bereits die Verwendung für Panzerplatten und Schiffsbaumaterial.

Bei der Verarbeitung unterschied man zwei Systeme, bei dem einen wurden alle Blöcke erst geschmiedet und dann gewalzt, bei dem anderen erfolgte das Auswalzen unmittelbar. Das letztere Verfahren war in Dowlais bei der Schienenfabrikation mit gutem Erfolg eingeführt worden. Das Vorwalzen erfolgte in einer Trio-Blockwalze (Blooming mill) von 3 bis 4 Kalibern, wobei man die Blöcke bis auf 6 Quadratzoll zusammenprefste. Nach dem Vorstrecken und Wärmen wurden die Güsse durch 11 Kaliber mit nur einem Stauchkaliber in einer Hitze durchgewalzt. — Auf dem Eisenwalzwerk der Südbahn in Graz hatte man ebenfalls dieses System des Walzens der Güsse zu Blöcken ohne Vorschmieden eingeführt.

Auf dem Victoriawerk zu Ebbw-Vale hatte Parry seinen mehr-

Digitized by Google

fach beschriebenen Prozefs in grofsartigem Mafsstabe eingerichtet. Es standen vier Birnen, die mit Gas angeheizt wurden, im Betrieb. Man schmolz alte Schienen und alle Abfälle der Schienenfabrikation im Kupolofen um, wobei das Eisen bis 2 Prozent Kohlenstoff aufnehmen mufste.

Auf der neuen Bessemeranlage Mersey-Steel-Works bei Liverpool hatte man den Gasbetrieb eingeführt und schmolz den Einsatz von 10 Tonnen Roheisen in der Birne mit Gas ein.

In der zweiten Hälfte des Oktober 1866 erfolgte auf dem neuen Werke von Bessemer & Sons zu East-Greenwich der Gufs einer Ambofsschale von 2000 Centner (100 Tonnen). Es geschah dies in der Weise, dafs alle 20 Minuten eine Charge von 4 Tonnen in die versenkte Form der Dampfhammer-Chabotte entleert wurde.

Die Verarbeitung der grofsen Stahlgufsblöcke erforderte viel stärkere Apparate, Maschinen und Werkzeuge, als sie früher bei dem Eisenwalzbetrieb gebräuchlich waren. Da man den Stahl nur bis zur hellen Rotglut erwärmen durfte, baute man die Schweifsöfen, die nur mäfsige Hitze und keine oxydierende Flamme haben durften, sehr geräumig, gab ihnen doppelt so grofse Roste mit beschränktem Luftzutritt, so dafs nur eine unvollkommene Verbrennung stattfand.

In Deutschland war das Bessemerwerk der Königin-Marienhütte bei Zwickau in diesem Jahre vollendet worden.

In Österreich hatten die grofsen mährischen Eisenwerke Witkowitz und Zöptau ihr Roheisen im Jahre 1865 in England bei Bessemer probieren lassen und, nachdem die Versuche günstig ausgefallen waren, 1866 Bessemerwerke unter englischer Leitung errichtet, ebenso geschah es zu Reschitza. In Zeltweg wurde eine Bessemeranlage unter der Leitung des Grazer Werkes ausgeführt.

Neuberg erzielte 1866 sehr günstige Resultate. Daselbst wurden 607 Chargen verblasen und 30690 Centner reine Blöcke ausgebracht. In Prozenten betrug das Ausbringen an gereinigten Blöcken 83,36, Stahlabfall 1,96, Auswurf 0,78, Kamineisen 0,81, der Kalo 13,09. In der Heft erzielte man 82,67 Prozent reine Blöcke.

Die Herstellung blasenfreier Güsse war, um zuverlässiges Material zu erzeugen und den Abfall zu vermindern, von solcher Wichtigkeit, dafs zahlreiche Versuche und Erfindungen gemacht wurden, um diesen Zweck zu erreichen.

G. H. Benson führte kohlenhaltige Stoffe in die entkohlte Masse ein, um dadurch gebildete Eisenoxyde wieder zu zerlegen. Nach Caron tritt nämlich Spratzen und Blasenbildung im Moment des

Digitized by Google

Erstarrens, durch Einwirkung von Kohlenstoff auf die bei dem Übergaren entstandenen Sauerstoffverbindungen des Eisens, ein. L. Cailletet hatte gefunden, dafs reiner, flüssiger Stahl nur Wasserstoff und Kohlenoxydgas in Auflösung enthält und dafs diese für sich beim Erstarren keine Blasenbildung bewirken, diese tritt aber ein, wenn Oxyde gelöst sind, in einer dem Schmelzpunkt des weichen Stahls naheliegenden Temperatur. Caron vermutete eine Eisenoxydulsilikatbildung beim Verbrennen des Eisens. Es träte alsdann beim Erstarren Reduktion der Kieselsäure durch Eisen ein. Durch Einblasen von Kohlenstoff, am besten in Form von Graphit oder dem Rückstand der Gas- oder Teerdestillation, sollte diese Reduktion schon früher bewirkt werden und das dabei gebildete Kohlenoxyd aus der flüssigen Masse entweichen.

Als ein zweites Mittel wendeten Benson und Valentin starkes Erhitzen des flüssigen entkohlten Metalles in einem besonderen Ofen an. Dieser Zwischenprozefs zwischen Birne und Gufspfanne geschah in einem Gasflammofen mit konzentrischen Düsen für Gas und heifsen Wind. In demselben verweilte die Masse etwa eine halbe Stunde. Soll Spiegeleisen zugesetzt werden, so geschieht es in diesem Zwischenofen. Fig. 95 ist ein Durchschnitt durch Bensons Zwischenofen und Fig. 96 zeigt seine Stellung zur Birne und der Giefspfanne.

Fig. 95.

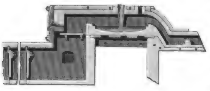
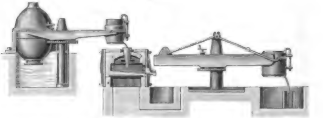


Fig. 96.



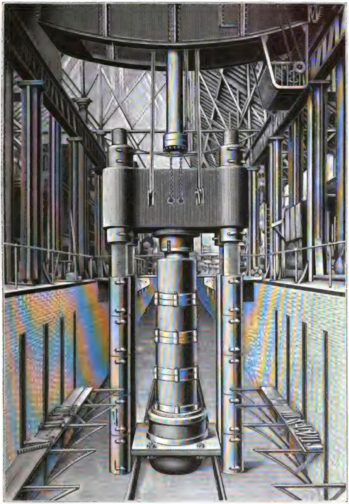
W. D. Allen, der bereits 1859 mit Erfolg Bessemerstahl fabriziert hatte, erhielt 1862 durch Zusatz von Siliciumeisen mit 4 bis 5 Prozent Silicium blasenfreie Stahlgüsse[1]).

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1883, S. 342.

Google

v. Reichenbach wollte weifses Eisen dadurch zum Bessemern geeignet machen, dafs er es rasch im Flammofen bei höchster Hitze

Fig. 97.



einschmolz und längere Zeit bei langsam sinkender Temperatur im Flufs erhielt. Dem bei überhitztem Gang erblasenen Roheisen sollte dabei noch Kohlenpulver eingemengt werden.

Digitized by Google

Dafs Giefsen unter Druck der Blasenbildung entgegenwirkt, war eine alte Erfahrung in der Giefserei. Galy-Cazalat erzeugte in etwas drastischer Weise dadurch einen hohen Druck in der geschlossenen Giefsform, dafs er Schiefspulver in dieselbe brachte.

Whitworth erreichte denselben Zweck, indem er nach dem Ausgiefsen den Prefskolben einer hydraulischen Presse in die gefüllte Form eintrieb (Patent vom 24. November 1865). Fig. 97 (a. v. S.) zeigt die Anordnung einer solchen Presse.

Schon früher, am 14. November 1864, hatten George Bell und Robert Lüthy ein Patent auf die Herstellung blasenfreier Güsse durch Herstellung eines luftleeren Raumes in der Form vor dem Eingiefsen des Metalles in dieselbe genommen.

Ferromangan begann im Jahre 1866 in allgemeinere Aufnahme als Ersatz für Spiegeleisen zu kommen, nachdem dasselbe auf dem Werk von Edington & Söhne in Glasgow nach einem Patent des Professors Henderson im grofsen dargestellt wurde. Es wurden dabei die Manganrückstände von der Chlorkalkbereitung und die eisenreichen Abbrände der Schwefelkiese bei der Schwefelsäurefabrikation unter Zusatz von Kalk, Kochsalz und Kohlenklein erst geröstet und dann in einem Siemens-Gasgeneratorofen geschmolzen. Das Produkt enthielt 30 Prozent Mangan. — Nach Bessemers Erfahrung sollte ein Zusatz von 25- bis 30prozentigem Ferromangan die Fabrikation besseren Stahls eher ermöglichen als Spiegeleisen.

John Cameron (Pat. 15. Dezember 1866) schlug ein Gemenge von Alkalien, alkalischen Erden, Flufsspat und Salz als wirksames Mittel zur Reinigung des Eisens, besonders auch von Schwefel und Phosphor beim Bessemerprozefs vor. Dieser Zusatz sollte beim Einschmelzen des Roheisens oder des Spiegeleisens erfolgen.

Gegen Ende des Jahres 1866 nahm Professor Koppelwieser[1]) in Leoben auf dem ärarischen Bessemerwerk zu Neuberg die erste systematische chemische Untersuchung der Anfangs-, Zwischen- und Endprodukte einer Bessemercharge vor und trug durch diese verdienstvolle Arbeit viel zur richtigen Erkenntnis des Vorganges bei. Die Probe wurde am 2. Dezember 1866 von der Charge 599, deren Roheiseneinsatz 62 Centner 80 Pfund wog, genommen.

Die Analysen ergaben folgende Zusammensetzungen:

---

[1]) Siehe Österreich. Zeitschrift 1867, S. 179.

Digitized by Google

1. des Eisens.

	a	b	c	d	e
Graphit	3,180	—	—	—	—
Chem. geb. Kohlenstoff	0,750	2,465	0,909	0,087	0,234
Silicium	1,960	0,443	0,112	0,028	0,033
Phosphor	0,040	0,040	0,045	0,045	0,044
Schwefel	0,018	Spur	Spur	Spur	Spur
Mangan	3,460	1,645	0,429	0,113	0,139
Kupfer	0,085	0,091	0,095	0,120	0,105
Eisen	90,507	95,116	98,370	99,607	99,445
	100	100	100	100	100

2. der Schlacken.

	a	b	c	d	e
Kieselsäure	0,95	46,78	51,75	46,75	47,25
Thonerde	8,70	4,65	2,98	2,80	3,45
Eisenoxydul	0,60	6,78	5,50	16,86	15,43
Manganoxydul	2,18	37,00	37,90	32,23	31,89
Kalk	30,36	2,98	1,76	1,19	1,23
Magnesia	16,32	1,53	0,45	1,52	0,61
Kali	0,18	Spur	Spur	Spur	Spur
Natron	0,14	—	—	—	—
Schwefel	0,34	0,04	—	—	—
Sauerstoff	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01
	99,78	99,79	100,36	100,36	99,87

Es bedeutet: a graues, graphitisches Roheisen mit genügendem Siliciumgehalt, mit Holzkohle erblasen. Bei 49 Fehrenöffnungen von 4 Linien Durchmesser und 20 Pfund Pressung dauerte die erste Periode 28 Minuten. Nach Ablauf dieser ist, wie Probe b zeigt, der ganze Graphit verschwunden, der chemisch gebundene Kohlenstoff hat zugenommen; nahezu vier Fünftel des Siliciums sind abgeschieden, ebenso fast aller Schwefel infolge des hohen Mangangehaltes; Phosphor und Kupfer sind unverändert. Die zweite Periode orforderte 7 Minuten bei einer Pressung von 18 bis 19 Pfund pro Quadratzoll; das Endprodukt war die Probe c. Die dritte Periode dauerte 3 Minuten bei 19 Pfund Pressung und ergab das Endprodukt d; der Kohlenstoff ist schon zum grofsen Teil abgeschieden. Durch Zusatz von 3 Centner Roheisen wird es in Bessemermetall von der Härte 6 verwandelt, entsprechend der Probe e. Die Schlacken sind ziemlich hoch siliciert,

Digitized by Google

teils Bi-, teils Bi- und Trisilikate. Der Eisenoxydgehalt ist anfangs gering, steigt aber gegen das Ende, während sich das Mangan schon in der ersten Periode oxydiert. Thon, Kalk und Magnesia entstammen dem Ofenfutter. Die Schlackenmenge ist in der ersten Zeit nur gering, nimmt aber im Verlauf des Prozesses immer mehr zu. Aus ihrer Menge und Zusammensetzung läfst sich der grofse Einflufs des Futters auf die Schlacken erkennen.

Kuppelwieser hat aus den Gewichten des Einsatzes und der erzeugten Produkte das Gewicht des verbrauchten Sauerstoffs und hieraus das erforderliche Windquantum berechnet. Er fand dasselbe zu 41,71 cbm für 100 kg Roheisen.

Ein Hauptereignis des Jahres 1867 war die grofse Welt-Industrieausstellung zu Paris, die an Glanz, wenn auch nicht an innerem Wert alle vorhergegangenen übertraf. Sie war bewunderungswürdig durch die Schönheit des Arrangements, die Zweckmäfsigkeit und Übersichtlichkeit der Einteilung, den Reichtum und die Mannigfaltigkeit der ausgestellten Gegenstände, dennoch hatte sie für die Entwickelung der Industrie nicht die hohe Bedeutung der früheren Ausstellungen. Dies lag daran, dafs die sachliche Darstellung der Fortschritte und der Leistungen auf den Gebieten der Industrie nicht die Hauptsache waren, sondern der Pomp, das Schaugepränge, die Unterhaltung und — die Politik. Napoleon wollte mit dieser blendenden Ausstellung seinem erbleichenden Stern neuen Glanz verleihen und für kurze Zeit hat er dies auch erreicht. — Die Eisenindustrie war sehr gut vertreten und umfangreicher ausgestellt wie je zuvor. Besonders suchte die französische Eisenindustrie alle konkurrierenden Länder zu überstrahlen. Die gröfsten Eisenwerksgesellschaften hatten eigene Pavillons errichtet, von denen der von Schneider & Comp. in Creuzot alle anderen an Reichhaltigkeit und schöner Aufstellung übertraf. Die grofsen Fortschritte, welche die Bessemerindustrie seit der Ausstellung in London im Jahre 1862 gemacht hatte, kamen zur Darstellung, ohne dass aber eigentlich Neues vorgeführt wurde. Mit das Bedeutsamste für die metallurgische Wissenschaft war die Ausstellung von Neuberg in Steiermark mit den oben angeführten chemischen Untersuchungen Kuppelwiesers und allen dazu gehörigen Anfangs-, Zwischen- und Endprodukten. Aber diese lehrreiche Vorführung war viel zu anspruchslos, um, wie sie es verdient hätte, von der französischen Jury mit einem Preise bedacht zu werden. — Das vorgeführte statistische Material kann, aufser der erwähnten chemischen Arbeit, als das wichtigste für die Geschichte des Bessemerns bezeichnet werden. Aus Tunners Mit-

Digitized by Google

teilungen hierüber ergiebt sich, welchen Umfang das Bessemern im Jahre 1867 bereits erlangt hatte.

Man zählte nämlich in

England	15	Hütten	mit	52	Konvertern	u.	6000	Tonnen	Wochenproduktion
Preufsen	6	„	„	22	„	„	1760	„	„
Frankreich	6	„	„	12	„	„	880	„	„
Österreich	6	„	„	14	„	„	650	„	„
Schweden	7	„	„	15	„	„	530	„	„
Belgien	1	„	„	2	„	„	100	„	„

Nach Bessemers Angabe wurden 1867 500000 Centner mehr produziert als 1866. Die Produktionsfähigkeit betrug 9½ Millionen Centner, während die wirkliche Produktion 1866 nicht 4 Millionen Centner betragen hatte, wovon zwei Drittel auf England entfallen waren.

Das gröfste Bessemerwerk in England[1]) war die neue Anlage zu Barrow, welche bereits 1866 300 Tonnen Bessemerstahl wöchentlich erzeugte, die aber 1867 ihren Betrieb noch bedeutend vergröfserte. Die gesamte englische Produktion von Bessemermetall hatte 1866 100000 Tonnen überschritten. Die französische Erzeugung wurde zu 20000 Tonnen veranschlagt, wovon die Anlagen von Petin, Gaudet & Co., Jackson und Terre Noire ca. 15000 Tonnen produzierten.

Aufser den oben angeführten Ländern hatten auch Italien, Spanien, Rufsland und Amerika das Bessemern eingeführt. Auffallend war es, dafs das Bessemern in den Vereinigten Staaten so spät Eingang fand. Erst 1867 wurde die erste Bessemerhütte in Amerika zu Troy (New-York) in Betrieb gesetzt.

Die Versuche in Oberschlesien waren im Oktober 1866 mit gutem Erfolg wieder aufgenommen worden, nachdem man in den früher gering geachteten manganhaltigen Erzen von Chorzow ein Mittel gefunden hatte, den Phosphorgehalt des Roheisens im Hochofen herabzudrücken. Man blies dabei mit einer Windtemperatur von 80 bis 100°. Das Roheisen hatte 4,180 Kohlenstoff, 1,896 Silicium, 0,145 Phosphor und 2,829 Mangan. Seit 1867 fand ein regelmäfsiger Bessemerbetrieb auf der Königshütte statt[2]).

In Schweden hielt man noch an dem Betrieb der stehenden Öfen

---

[1]) Eine gründliche Arbeit über das Bessemern in England veröffentlichte Ad. Grenier in Revue universelle 1867, II. et III. livr.; siehe auch Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1867, S. 437.

[2]) Siehe Hasenöhrl in Preufs. Zeitschr. 1868, S. 209.

Digitized by Google

fest. Unter den in obiger Tabelle angeführten 15 Konvertern sind 13 Bessemerschachtöfen und nur 2 bewegliche Birnen. Knut Styffe kommt aber in seinem fachmännischen Bericht über das Eisenhüttenwesen auf der Pariser Ausstellung zu dem Schlufs, dafs die englischen Konverter selbst für schwedische Verhältnisse den Vorzug verdienen. Besonders betont er, dafs damit leichter ein bestimmtes Produkt erzielt werde. Bei dem schwedischen Verfahren wurde das Roheisen direkt aus dem Hochofen abgestochen. Knut Styffe empfiehlt das Umschmelzen in Kupolöfen.

In der That war die Einführung der Kupolöfen zum Umschmelzen des Roheisens an Stelle der Flammöfen wohl der wichtigste Fortschritt bei dem Bessemerverfahren im Jahre 1867. Früher, ehe man den chemischen Vorgang genauer studiert hatte, war man geneigt, in der beim Umschmelzen im Flammofen unvermeidlichen Oxydation eine nützliche Reinigung zu erblicken. Durch die Analysen ergab sich aber, dafs durch das Umschmelzen im Flammofen bereits ein grofser Teil des Siliciums abgeschieden wurde. Dies war aber ein Nachteil, weil die Wärme, die durch die Oxydation des Siliciums in der Bessemerbirne entstand, für den raschen und guten Verlauf durchaus notwendig war. Auch erwies sich die Furcht, die man hegte, dafs das Roheisen im Kupolofen durch die Berührung mit Koks verunreinigt würde und Schwefel und Phosphor aufnähme, als unbegründet. Infolgedessen verdrängten die Kupolöfen rasch die Flammöfen. Da das Einschmelzen in den grofsen Kupolöfen viel rascher von statten ging, als in den Flammöfen, konnten mehr Chargen geblasen und die Produktion der Birnen entsprechend vermehrt werden.

Auf der Königin-Marienhütte zu Kainsdorf bei Zwickau hatte man 2 Kupolöfen für 2 Frischbirnen. Jeder derselben war 5 bis 6 Fufs weit, 14 Fufs hoch und schmolz 70 bis 80 Centner Roheisen in einer Stunde. Die Windzufuhr erfolgte durch 3 übereinander liegende Formen von 4 bis 5 Zoll Durchmesser. Die Formen lagen 24 bis 36 Zoll über dem Boden.

In Barrow schmolz ein Kupolofen 7 Tonnen in einer halben bis dreiviertel Stunden[1]).

Auf verschiedenen grofsen Werken, wie zu Barrow in England, Terre Noire in Frankreich u. a., stach man das Roheisen direkt vom Hochofen in die Bessemerbirne ab. Eine aus dem Hochofen

[1]) Zu East-Greenwich war bei dem Gufs der 100 Tonnen-Chabotte ein Kupolofen nach Irelands System, der 13 Tonnen Roheisen in der Stunde schmolz, verwendet worden.

Digitized by Google

aufgegebene Charge brauchte aber durchschnittlich 10 Minuten länger zum Frischen.

Bei weitem der meiste Bessemerstahl wurde zu Eisenbahnschienen verwendet. In hervorragender Weise waren aber auch geprefste und vertiefte Blechwaren aus Bessemermetall namentlich von Österreich ausgestellt. Es wurden hier Bleche von ca. $^1/_{400}$ Linie Dicke vorgeführt.

Eine sehr wichtige und neue Verwendung des Flufsstahls war die für grobe Gufswaren, namentlich für Maschinenteile, die auf Festigkeit besonders in Anspruch genommen wurden, wie z. B. die Krauselräder für Walzwerke. Solche waren in der preufsischen und in der französischen Abteilung vertreten.

Le Guen hatte durch Zusatz von Wolframeisen sehr festen Stahl erzeugt und schlug vor, dieses auch bei der Bessemerstahlfabrikation zu verwenden, indem man am Schlufs statt Spiegeleisen Wolframeisen zusetzte. Versuche, die er 1867 auf der Stahlhütte von Hubert zu Imphy gemacht hatte, sollten sehr gute Erfolge ergeben haben. Das verwandte Wolframeisen hatte 0,70 Prozent Wolfram enthalten; hiervon wurden 8 Prozent der Charge zugeführt; in das fertige Produkt ging nur die Hälfte des zugesetzten Wolframs über. Das Verfahren bot angeblich den grofsen Vorteil, dafs es gestattete, auch geringere Roheisensorten zu verarbeiten.

Zu Ebbw-Vale hatte sich der Parrysche Prozefs im Laufe des Jahres 1866 nicht als rentabel erwiesen. Man gab ihn deshalb auf und erbaute ein grofses Bessemerwerk nach dem Muster der neuen Anlage zu Dowlais[1]). Diese zeichnete sich durch die Zweckmäfsigkeit der Anordnung, insbesondere durch die vorteilhaftere Aufstellung der Birnen aus. Sie waren nicht wie früher nebeneinander, sondern einander gegenübergestellt, so dafs sie sich beim Kippen einander zuneigten. Die Anlage, die in Figur 98 (a. f. S.) im Grundrifs und in Fig. 99 (S. 163) im Aufrifs dargestellt ist, bestand aus 3 gleichen Gruppen von je 2 Birnen *a* mit den dazugehörigen Flammöfen zum Umschmelzen des Roheisens *bb* und des Spiegeleisens *cc*. Diese Flammöfen, die später durch Kupolöfen ersetzt wurden, lagen in einem höheren Niveau, so dafs das geschmolzene Eisen durch die Rinnen *d*, *e*, *f* direkt den Birnen zugeführt werden konnte. Die Gufspfanne hing an dem hydraulischen Krane *l*, der um seine Achse drehbar war und beide Birnen bediente. Das Kippen der Birne geschah durch

[1]) Siehe Preufs. Zeitsch. 1868, Taf. I, Fig. 1 und 2; Wedding a. a. O. III, Fig. 136, 137.

Digitized by Google

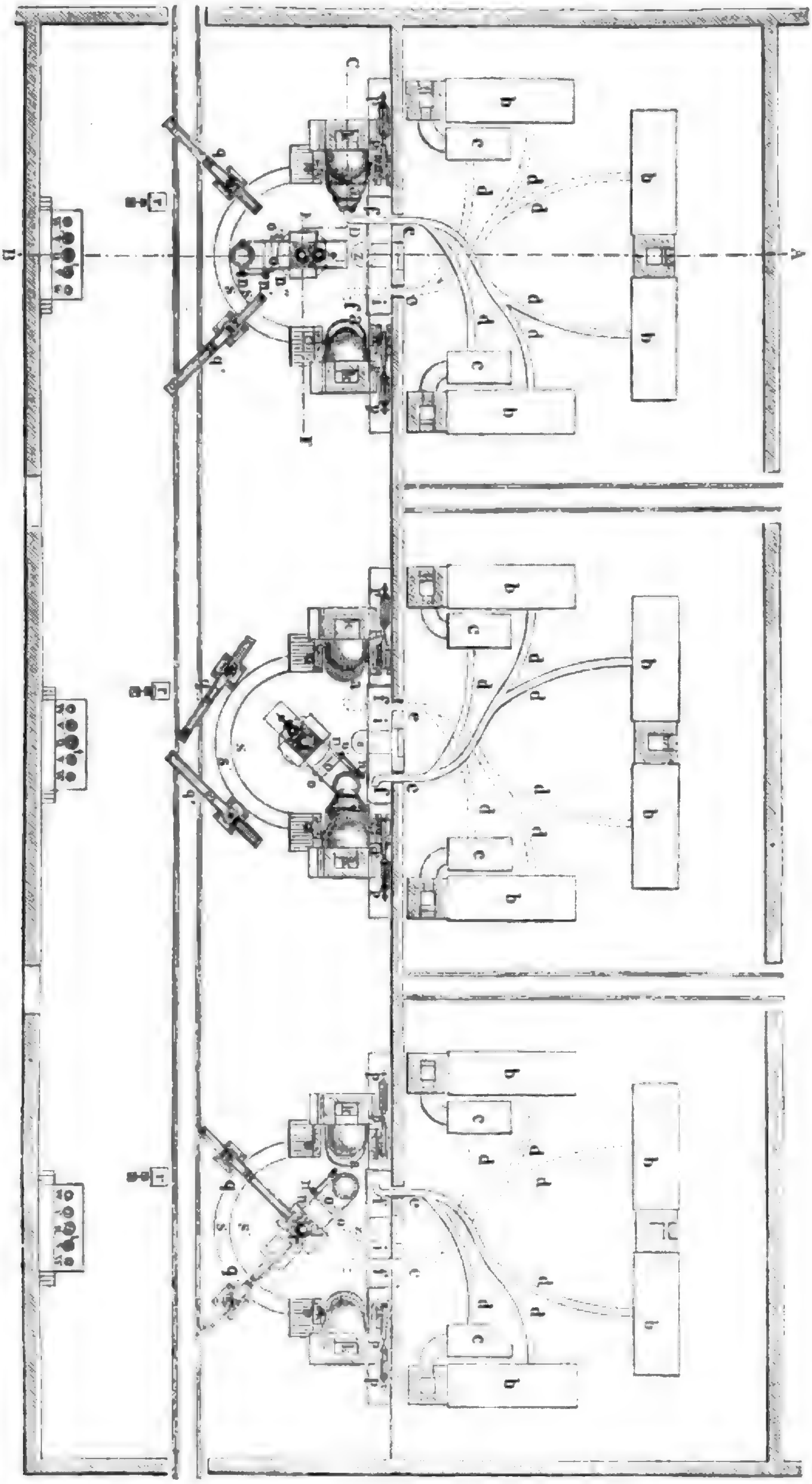
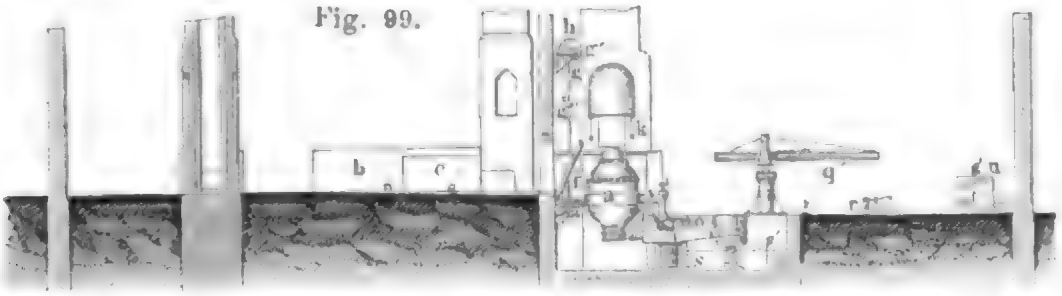


Fig. 98.

einen hydraulischen Cylinder; das Einsetzen der Gießpfanne und das Ausheben der Gußblöcke durch die hydraulischen Kräne q^1.

Zu Neuberg blies man nach der von Stockher in Österreich patentierten Methode Kohlenstaub in die Bessemerbirne ein, um dadurch die Ungleichmäßigkeiten im Kohlengehalt der Roheisensorten bei ungleichem Ofengang auszugleichen. Auch setzte man bei hitzigen Chargen Stahlabfälle vor Eintritt des „falschen Siebener“ zu. Dieser österreichische Name bezeichnete die Erscheinung des teilweisen oder gänzlichen Verschwindens der Flamme vor Eintritt der dritten Periode wodurch die Täuschung entstehen konnte, als ob das Eisen schon vollständig zu Nr. VII entkohlt sei, während sein Kohlengehalt erst Nr. II bis III entsprach.

Fig. 99.



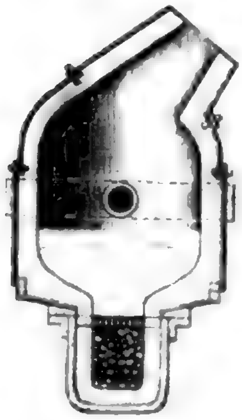
In Neuberg erreichte man 1867 87 Prozent Blöcke bei nur 9 Prozent Kalo.

Im Jahre 1866 war das Verfahren der Stahlerzeugung mittels Salpeter von John Heaton (Patent vom 17. März 1866) aufgekommen. Dasselbe hatte große Hoffnungen erweckt, weil man in ihm den Weg gefunden zu haben glaubte, auch die unreinen Roheisensorten zu gutem Stahl verarbeiten zu können. Obgleich sich Bessemer anfangs gegen diese Methode aussprach, nahm er doch am 31. Dezember 1867 ein Patent auf die Verwendung des Prozesses für das Bessemern, indem er sich dabei auf den Wortlaut seiner alten Patente von 1856, in denen er die Anwendung aller Sauerstoff abgebenden Substanzen einbegriffen hatte, stützte. Er sah sich hierzu gezwungen, weil James Hargreaves ein Patent für die Ausdehnung eines ähnlichen Verfahrens auf das Bessemern am 12. Juli 1867 bereits erlangt hatte. Der Grundgedanke des Verfahrens bestand darin, Salpeter durch Hitze zu zersetzen und den dadurch erzeugten Sauerstoff statt atmosphärischer Luft durch die flüssige Eisenmasse zu pressen. Hierdurch sollten die kostspieligen Gebläsemaschinen überflüssig werden, auch erwartete man von der Wirkung des Sauerstoffs eine vollkommenere Abscheidung von Schwefel und Phosphor. Bessemer schlug hierfür zwei Wege vor. Nach dem einen brachte man am Boden des Kon-

Digitized by Google

verters an Stelle des Windkastens eine starke Büchse von Eisenblech, die inwendig mit feuerfestem Material ausgekleidet war, an (Fig. 100). Dieselbe hatte einen mit Löchern versehenen Deckel und wurde mit Salpeter gefüllt. Die Hitze des flüssigen Roheisens zersetzte den Salpeter und bewirkte die Gasentwickelung. Der andere Weg bestand darin, seitlich an dem Konverter ein Gefäfs anzubringen, in welchem Salpeter und andere reinigende Salze durch einen heifsen Windstrom geschmolzen wurden. Das Gefäfs war durch Röhren mit dem Boden des Konverters verbunden, so dafs die geschmolzene Masse unter Druck in das flüssige Roheisen gelangen konnte. Die Regulierung erfolgte dabei durch einen Vierweghahn, der entweder ganz abschlofs oder gestattete, dafs nur der heifse Wind, der durch die Salpeterbüchse geströmt war, eintrat, oder endlich, wenn das Salpeterfrischen beginnen sollte, dem geschmolzenen Salz den Zutritt gestattete.

Fig. 100.



J. Hargreaves' Vorschlag (Patent vom 12. Juli 1867) war dahin gegangen, durch Übergiefsen von salpeter-, chlor-, mangan- oder chromsauren Salzen mit flüssigem Roheisen ein zusammengeflossenes Gemenge der reduzierten Salze mit dem oxydierten Eisen und seinen Verunreinigungen zu erzeugen, welche er „Stahlschlacke“ nannte und die, indem sie dem eingeschmolzenen Roheisen im Konverter beim Beginn des Bessemerns zugesetzt wurde, eine bedeutend reinigende Einwirkung ausüben sollte.

Am 27. Februar 1867 hatte der Amerikaner A. L. Holley ein Patent auf verbesserte Ingotformen genommen. Der Grundgedanke war die Anordnung einer Anzahl von Formen um einen centralen Eingufs, mit dem jene an den Böden so verbunden waren, dafs sie sich von unten füllten. Aufser dem centralen Eingufs gehörte dazu ein Verteilungsboden (distributing bottom), ein Formkasten, in dem die verbindenden Rinnen in Formsand eingeformt wurden. Ferner wurden die Eingufsformen durch Thonpfropfen oder Eisendeckel abgeschlossen, wodurch das Metall in dem centralen Eingufs höher steigen mufste, so dafs die Eingüsse unter Druck erstarrten.

Auf die Veröffentlichung Professor Roscoes im Jahre 1864, dafs man bei John Brown in Sheffield das Spektroskop zur Beobachtung der Bessemerflamme eingeführt habe, versuchte man auf vielen Bessemerhütten dies Mittel ebenfalls anzuwenden, sah sich aber in den meisten Fällen getäuscht.

Digitized by Google

So mifslangen die Versuche, die man 1865 in Oberschlesien damit anstellte, gänzlich. Viele verwarfen deshalb diese Methode. Professor A. Lielegg[1]) liefs sich aber durch die ersten Mifserfolge nicht abschrecken und studierte die sehr komplizierten Erscheinungen des Spektrums der Bessemerflamme mit der gröfsten Ausdauer. Schon 1865 wies er auf bestimmte Liniengruppen, die in der Kochperiode im Spektrum sichtbar werden, bei dem Eintritt in die Frischperiode an Glanz und Deutlichkeit zunahmen und gegen das Ende derselben abnahmen. Er sprach die Ansicht aus, dafs diese Linien von Kohlenoxydgas herrührten und dafs die Beobachtung derselben brauchbare Anhaltspunkte zur Beurteilung des Bessemerprozesses geben werde. Lielegg hatte seine Versuche auf dem Bessemerwerk zu Graz angestellt, wo denn auch bald darauf die Beobachtung mit dem Spektrum mit Erfolg angewendet wurde; dasselbe geschah zu Ternitz in Niederösterreich und auf der Maximilianhütte in Bayern, während die Erfolge in Neuberg und zu Hörde unbefriedigend blieben. In England machte Watt[2]) ähnliche vergleichende Versuche. Watt und Lielegg setzten dabei bestimmt voraus, dafs die betreffenden Liniengruppen von der Verbrennung des Kohlenstoffs herrührten, und sie wollten die Abweichungen von dem reinen Kohlenoxydgasspektrum durch die abweichenden Bedingungen der Entstehung des Kohlenoxydgases erklären. Brunner in Neuberg wies aber 1868 darauf hin, dafs diese Linien weit eher dem Mangan und Eisen als dem Kohlenstoff zuzuschreiben seien. Dies gab eine neue Anregung zur Untersuchung und Hasenöhrl zu Königshütte, Dr. Wiechmann und v. Lichtenfels in Neuberg fanden 1869 Brunners Vermutung bestätigt.

Im Jahre 1868 erregte ein Verfahren des Amerikaners John Francis Bennett von Pittsburg die Aufmerksamkeit der Metallurgen, das darin bestand, mittels Durchleitens von Kohlensäure beim Bessemerprozefs Schwefel und Phosphor zu entfernen. Bennett hatte schon 1867 in Amerika ein Patent erworben und nahm am 12. August 1867 und am 7. Januar 1867 zwei Patente in England durch Ch. D. Abel. In dem letzteren beschreibt er sein Verfahren folgendermafsen: Erst wird Luft durch das geschmolzene Roheisen im Konverter geblasen, bis der Kohlenstoff gröfstenteils abgeschieden ist, dann bläst man eine halbe Minute oder kürzer Kohlensäure durch die Masse und hierauf bläst man zum Schlufs nochmals etwa 15 Minuten Luft hin-

---

[1]) Siehe Berichte der K. K. Akademie der Wissenschaften in Wien 1867 und 1868.

[2]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1868, S. 64.

Digitized by Google

durch. Er nimmt an, daſs die Kohlensäure oxydierend auf Schwefel und Phosphor einwirke und Schwefel als schweflige Säure, Phosphor als phosphorige und unterphosphorige Säure entweiche. Der Kohlenstoffgehalt, der durch Reduktion der Kohlensäure entstanden ist, soll durch das Nachblasen entfernt werden.

H. Bessemer nahm am 21. März 1868 ein Patent auf eine abgeänderte Frischbirne, in welcher ebenfalls unreines Roheisen verarbeitet werden sollte. Diese Birne hatte noch eine seitliche Ausbauchung, in welche ebenfalls Wind eingeblasen werden konnte, dabei war sie so aufgehängt, daſs einmal die seitliche Ausbauchung, das andere Mal der Boden nach unten hing und benutzt werden konnte. Zuerst sollte die kleinere seitliche Höhlung nach unten hängen. Der Herd derselben war mit gerösteter Schweiſsschlacke (bull-dog), Hammerschlag, Roheisen u. s. w. ausgesetzt. Das unreine Roheisen wurde daraufgegossen und der Wind angelassen. Sobald die Masse heiſs geworden war, sollte man Dampf entweder mit Wind gemischt oder allein durchblasen. Hierdurch wurde die Masse verdickt und innig mit Garschlacke gemengt. War die Masse fast steif geworden, so setzte man den anderen Teil der Charge, der aus besserem Roheisen bestand, zu. Dieser löste die zähe Masse wieder auf und nun richtete man den Konverter auf, so daſs der ganze geschmolzene Inhalt auf den unteren Herd floſs, wo er in der gewöhnlichen Weise verblasen wurde.

Ein weiteres Patent nahmen die Amerikaner A. L. Holley und B. Pearse am 16. Mai 1868 durch R. W. Lake für einen beweglichen Boden, welcher für sich eingesetzt und durch Bolzen befestigt wurde. Die Auswechselung eines schadhaften für einen Reserveboden konnte dadurch rasch von statten gehen. Der Vorzug dieser amerikanischen Böden gegenüber den schon 1865 zu Neuberg von Schmidhammer angewendeten bestand namentlich darin, daſs zwischen der Seitenwand des Konverters und dem eingesetzten Boden ein nach auſsen sich erweiternder schmaler Zwischenraum gelassen wurde, welcher mit Ausnahme der Verbindungsschrauben zwischen Konverter und Boden von auſsen frei und zugänglich blieb. Die Dichtung konnte dadurch leicht erfolgen, wenn auch das Gefäſs im Innern noch rotglühend war. Ein Boden hielt aber z. B. in Dowlais nur 6 bis 8 Chargen aus, während das Futter 310 Chargen widerstand.

Alfred Tardieu schlug vor, das Futter der Bessemerbirnen aus Bauxit, der bekanntlich gröſstenteils aus reiner Thonerde besteht, herzustellen, und hatte dafür durch A. V. Newton am 29. Juli 1869 ein englisches Patent erworben.

Digitized by Google

James Hargreaves nahm am 6. August 1868 ein neues Patent auf sein Verfahren, Eisen und Stahl aus Roheisen durch Einleiten von Sauerstoffgas, wodurch Schwefel und Phosphor abgeschieden werden sollten, in der Bessemerbirne zu machen. Er wollte dabei gegen Ende des Bessemerns heifse Luft einblasen, um die Temperatur des flüssigen Metalls zu erhöhen und reinere Güsse zu erhalten. Er schlug ferner vor, das im Kupolofen geschmolzene Roheisen erst in einen Vorherd zu leiten und es durch längeres Erhitzen oder auch durch Zusatz von Metalloxyden zu reinigen, oder oxydierende Salze, die mit Eisen- und Manganoxyd oder Kalk zu festen Brocken geformt sind, in die Bessemerbirne einzuwerfen.

Heinrich Bessemer war unermüdlich, immer neue Mittel und Wege ausfindig zu machen, um das wichtige Problem, bei seinem Verfahren Schwefel und Phosphor abzuscheiden und dadurch auch die gewöhnlichen Roheisensorten durch seinen pneumatischen Prozefs in Stahl verwandeln zu können, zu lösen. Im Jahre 1869 verfiel er auf ein neues Prinzip, indem er das Frischen unter höherem Druck vornahm. Er erwarb hierfür vier Patente vom 10. Mai (Nr. 1431 bis 1435); davon beziehen sich Nr. 1433 und 1434 speciell auf das Bessemern. Manche Roheisensorten, sagt er, erzeugen bei dem Bessemerprozefs keine genügende Wärme, um die ganze Masse des erzeugten Stahls bis zum Ausgiefsen in die Formen hinreichend flüssig zu erhalten. Um diesem Übel zu steuern, hält man die Gase, welche sich bei der Operation bilden, durch einen Gegendruck von 8 bis 15 Pfund auf den Quadratzoll in dem Konverter zurück; dadurch findet die Verbrennung des Kohlenstoffs in dem Metall unter Druck statt, wodurch die Temperatur des Metallbades gesteigert wird. Zu diesem Zweck mufs man den Apparat sehr stark machen, die Mündung kreisförmig zusammenziehen und mit einem Ring versehen. Man verengt die Mündung aber nicht auf das Äufserste, weil sie sich dann zu leicht durch ausgeschleudertes Metall oder Schlacke verstopfen würde, sondern verschliefst sie teilweise durch einen beweglichen feuerfesten Thonpfropfen an einer eisernen Stange, die durch Schraube oder Hebel bewegt oder durch eine Feder oder einen Federhebel angedrückt wird. Selbstverständlich mufs der Winddruck entsprechend dem Gegendruck verstärkt werden. Dasselbe Verfahren wendet man bei dem Salpeterverfahren an und läfst hier den Gegendruck von 5 bis 10 Atmosphären steigen. Der hierfür von Bessemer angegebene Apparat ist im Prinzip den obigen gleich, in der Ausführung aber etwas komplizierter. Bessemer hat denselben Grundsatz, höhere Wirkung durch

Digitized by Google

Arbeit unter Druck zu erzeugen, auch auf Schacht- und Flammöfen übertragen, wovon später noch die Rede sein wird. Er hat aufserdem ein besonderes Manometer für seine Hochdrucköfen erfunden.

Emil Müller nahm durch J. H. Johnson am 25. März 1869 ein englisches Patent auf ein Futter für Bessemerbirnen oder Martinöfen aus feuerfesten Magnesiaprodukten, aus Magnesia im Zustande möglichster Reinheit bestehend, an Stelle der gewöhnlichen feuerfesten Materialien, die alle mehr oder weniger freie Kieselsäure enthalten. Durch Anwendung dieses Futters sollten verschiedene Abweichungen der Reaktionen, welche den Übergang von Roheisen in Stabeisen und Stahl begleiten, eintreten; das erzeugte Produkt wird von Schwefel und Phosphor befreit und das Futter ist haltbarer. Das Magnesiafutter würde eigentlich nur mechanisch angegriffen und gestattete besser die Anwendung gewisser Oxydationsmittel, wie namentlich die des Natron- und Kalisalpeters.

Um höher karbonisiertes Eisen zu erzeugen, schlug John Bust vor, Petroleum oder andere Kohlenwasserstoffe einzublasen. Dieser Vorschlag war nicht neu. Ramsbottom hatte bereits 1864 ein ähnliches Patent genommen und M. Mühlig hatte vorgeschlagen, Leuchtgas in den Bessemerofen einzublasen. Erwähnung verdient dagegen die erfolgreiche Anwendung von Graphit durch H. Brunner in Leoben. Durch das Einblasen von Graphit während der schlackenbildenden Periode gelang es ihm auch, weifses und halbiertes Roheisen mit Erfolg zu bessemern [1]).

Die Versuche des Kapitäns Le Guen [2]), Wolframbessemerstahl zu erzeugen, wurden auf der Hütte zu Terre-Noire fortgesetzt. Man schmolz weifses Roheisen im Kupolofen mit Wolframbriketts und erhielt dadurch eine Legierung mit 9,21 Prozent Wolfram. Von dieser wurde ein Zehntel statt Spiegeleisen der Bessemercharge zugesetzt. Der erblasene Stahl enthielt 0,558 Prozent Wolfram. Das Material zeichnete sich angeblich durch Weichheit und Zähigkeit aus und stand gut im Feuer, war aber zu teuer.

Über eine verbesserte Anordnung der Bessemerbirnen und der dazugehörigen Schmelz- und Giefsgefäfse hat H. Bessemer einen Aufsatz veröffentlicht, auf den wir verweisen [3]).

---

[1]) Siehe Österreich. Zeitschr. für das Berg- u. Hüttenwesen 1869, Nr. 2.

[2]) Compt. rend. LXVIII, 592.

[3]) Siehe Engineering 1869, p. 302; Berggeist 1869, Nr. 102; Dinglers Journal, Bd. 195, S. 246.

Digitized by Google

Über das Spektrum der Bessemerflamme veröffentlichte Th. Rowan 1869 eine ausführliche Abhandlung[1]. Er erfand ein kleines Instrument zur Beobachtung der Flamme, welches er Chromopyrometer nannte. Über das Bessemerspektrum veröffentlichten ferner Bleichsteiner[2]) und Wedding[3]) Mitteilungen. Letzterer schreibt dem Mangan die charakteristischen Erscheinungen im Spektrum der Bessemerflamme zu.

Der Amerikaner Durfee nahm 1869 ein Patent auf verbesserte Blockformen.

Auch das Jahr 1870 brachte eine Reihe neuer Vorschläge für die Reinigung und Verbesserung des Bessemermetalls, ohne indes die wichtige Frage der Entphosphorung der Lösung näher zu bringen. A. Parkes schlug einen Zusatz von Nickel vor (Patent vom 9. April 1870). James Henderson empfahl Flufsspat oder andere Fluorverbindungen als Reinigungsmittel für das Roheisen (Patent vom 27. Mai). Mason und Parkes liefsen sich wieder einmal die Verwendung von Chloriden zu diesem Zweck patentieren, J. E. Sherman Jod und Jodverbindungen (Patent vom 25. Juli). Carulla will die Reinigung durch Einblasen von Wasserstoffgas bewirken (Patent vom 24. August). Henderson empfahl in einem Patent vom 8. November, das Futter der Frischbirne aus Flufsspat herzustellen.

Über die Menge der beim Bessemern erzeugten Wärme wurden mehrere Untersuchungen veröffentlicht. Troost und Hautefeuille wiesen nach, dafs ein Äquivalent Silicium doppelt so viel Wärme als ein Aquivalent Kohlenstoff bei seiner Oxydation entwickele; aufserdem bleibe die ganze durch das Silicium entwickelte Wärme in der Schmelzmasse, während das Kohlenoxydgas den gröfsten Teil seiner Verbrennungswärme mit fortnähme.

Jordan berechnete, dafs unter Annahme einer Temperatur des Roheisenbades von 1400° C. zur Verbrennung von einem Gewichtsteil

Eisen	1,2427	Gewichtsteile Luft
Kohlenstoff	4,4616	„ „
Silicium	3,7386	„ „

erforderlich sind.

---

[1]) Siehe Chemical News 1869, XXIX, p. 176; R. Wagners Jahresbericht d. chem. Technol. 1869, S. 61.

[2]) Österreich. Zeitschr. für Berg- u. Hüttenwesen 1869, S. 43.

[3]) Preufs. Zeitschr. XVII, 117.

Diese geben Wärmeeinheiten an das Roheisen ab:

Eisen	757,3
Kohlenstoff.	475,2
Silicium	6382,4

Hieraus berechnete Kuppelwieser, dafs 100 Teile eines Roheisens von 2 Prozent Silicium- und 4,25 Prozent Kohlenstoffgehalt, welches 85 Prozent Bessemerstahl giebt, durch Verbrennen von

2	Silicium	× 6382,4 =	12 764,8	Wärmeeinheiten
4,25	Kohlenstoff	× 475,2 =	2 017,6	"
8,75	Eisen und Mangan	× 757,3 =	6 623,7	"
		zusammen:	21 406,1	Wärmeeinheiten

entwickeln. Diese Wärmemenge würde ein Roheisenbad, wenn man von aller Wärmeabgabe nach aufsen absieht, um 1350° C. erhitzen, also eine Temperatur von 1400° + 1350° = 2750° C. erzeugen. Bei dieser Temperatur würde Platin, dessen Schmelzpunkt zwischen 2220 bis 2400° C. liegt, rasch einschmelzen. Das Gelingen des pneumatischen Prozesses hängt aber wesentlich von der Temperatur ab. Einblasen von Kohlenstoff erhitzt wenig; mehr dagegen Salpeter.

Snelus hat ebenfalls die Produkte des Bessemerprozesses in verschiedenen Stadien analysiert und Kuppelwiesers Angaben bestätigt gefunden, namentlich auch in der Hinsicht, dafs Silicium beim Bessemern fast vollständig verbrennt, ehe die Oxydation des Kohlenstoffs beginnt.

Zum Schlufs erwähnen wir noch einige praktische Ergebnisse beim Bessemern zu Hörde aus diesem Jahr. Das Futter der Birne wurde aus einem Gemenge von 6 Tln. Quarzmasse in Erbsengröfse und 1 Tl. gemahlenem Thon mit grofser Sorgfalt mit Hülfe von Schablonen gestampft. Hierbei arbeiteten 22 Mann 24 Stunden im Schichtlohn. Das Abwärmen des Futters dauerte 12 Stunden und erforderte 140 Centner Steinkohlen. Das Auswechseln eines neuen Bodens dauerte 6 Stunden und wurden 22 Centner Steinkohlen beim Anwärmen verbrannt. Das Auswechseln und Ausstampfen des Bodens während des Betriebes war eine der schwersten Arbeiten. Kein Arbeiter konnte länger als 10 Minuten in der heifsen Birne arbeiten. Die Düsen oder Formen wurden in einer Düsenpresse mit 10 Stahldornen geprefst. Die Steuerung des Kranes geschah durch Hebel und Schiebersteuerung der einfachsten Art. Das Druckwasser passierte einen Armstrongschen Akkumulator gewöhnlicher Form mit 250 Centner Belastung.

Digitized by Google

Flammofenstahlschmelzen.

Die Fabrikation und die Verwendung des Stahles hatten solche Wichtigkeit erlangt, dafs man sich nicht mit den Verbesserungen des Bessemerprozesses in den sechziger Jahren begnügte, sondern alle bekannten Methoden zu vervollkommnen und neue zu erfinden suchte. Auch konnte der Bessemerstahl den Gufsstahl namentlich als Werkzeugstahl nicht ersetzen und Bessemer erkannte es selbst an, dafs man, um guten Werkzeugstahl zu erhalten, den Bessemerstahl umschmelzen mufste. Dieses Umschmelzen geschah Ende der fünfziger Jahre noch ausschliefslich in Tiegeln und war natürlich sehr kostspielig. Da die Kenntnis der Wärme, der Wärmeerzeugung und der Wärmebeförderungsmittel grofse Fortschritte gemacht hatte, so lag es nahe, einen billigeren Weg des Stahlschmelzens aufzusuchen und dem Problem der Gufsstahlerzeugung im Flammofen näher zu treten. Frühere Versuche in England zu Anfang des Jahrhunderts, von Vandenbroek in Saarbrücken und von Bréant in Frankreich in den zwanziger Jahren, von J. M. Heath in England in den vierziger Jahren (s. Bd. IV) waren alle gescheitert an der unzureichenden Temperatur.

Josiah Marshall Heath hatte am 4. August 1845 ein Patent auf ein Verfahren zur Stahlerzeugung genommen, darin bestehend, dafs er reines, in einem Kupolofen geschmolzenes Roheisen in einen Flammofen leitete und es hier in möglichst hoher Temperatur, welche durch Verbrennung von Kohlenoxydgas mit heifser Luft verstärkt wurde, flüssig erhielt, während Schmiedeeisen zugesetzt und die Masse in Gufsstahl verwandelt wurde. Diesen konnte man dann durch ein Abstichloch in Formen laufen lassen. Dieses Verfahren griff Sudre[1]) im Jahre 1858 auf und es gelang ihm, das Interesse Kaiser Napoleons für dasselbe zu gewinnen, welcher hoffte, dafs auf diesem Wege ein billiger und brauchbarer Gufsstahl für Artilleriezwecke hergestellt werden könne. Sudre hatte bei seinen mehrjährigen Versuchen zu Montataire mit grofsen Schwierigkeiten zu kämpfen, da die grofse Hitze, welche das Schmelzen des Stahls erforderte, die Ofenwände rasch zerstörte. Im Jahre 1860 erzielte er einigen Erfolg durch Anwendung geeigneter indifferenter Flüsse, wofür sich Glas und Schlacken von Holzkohlenhochöfen am besten bewährten. Unter einer

[1]) Das englische Patent (Nr. 3007) nahm J. H. Johnson am 31. Dezbr. 1858.

dicken Schutzdecke flüssiger Schlacken gelang es ihm, bis 40 Centner Stahl auf einmal zu schmelzen. Dieser Erfolg erregte in Frankreich bedeutendes Aufsehen und veranlafste die Ernennung einer kaiserlichen Kommission zur Begutachtung des Prozesses. Der Bericht der Kommissare Beaulieu, Deville und Caron sprach sich sehr günstig darüber aus. Er stellte beträchtliche Ersparnisse gegenüber der Tiegelgufsstahlfabrikation in Aussicht. In Wirklichkeit war aber die Hauptschwierigkeit, die rasche Zerstörung der Ofenwände, nicht überwunden und infolgedessen das Verfahren nichts weniger als billig.

Zu derselben Zeit machte ein Offizier Namens Alexandre zu Villeneuve auf Veranlassung der Kaiserlichen Marine ebenfalls Stahlschmelzversuche. Der Stahl aber, der dabei erzeugt wurde, war schlecht; infolgedessen wurden diese Versuche 1862 geschlossen. Ähnliche ungünstige Resultate erzielte Lan in Rive de Gier.

Einen anderen Weg hatte A. B. Bérard mit seinem 1862 patentierten Verfahren zur Reinigung des Roheisens und zur Stahlbereitung eingeschlagen, das im wesentlichen darin bestand, Roheisen abwechselnd und wiederholt oxydierenden und kohlenden Schmelzen auszusetzen. Sein Ofen hatte zwei auf Rädern laufende Herde. Das flüssige Eisenbad in denselben sollte einmal der Wirkung frischender, das andere Mal der kohlender Gase ausgesetzt werden, was durch Umschaltung für die beiden Herde kontinuierlich geschehen konnte. Es sollte dabei Wasserstoff und Kohlenoxydgas angewendet werden. — Die Versuche, die mit diesem Verfahren in Frankreich gemacht wurden, erfüllten aber die darauf gesetzten Hoffnungen keineswegs.

Dasselbe ist von der 1863 veröffentlichten Methode der Stahlbereitung von Jules Cajanave-Sabatier zu sagen. Dieser wollte, ähnlich wie der Amerikaner Martien, das Eisen dadurch reinigen, dafs er es in geschmolzenem Zustande in dünnen Strahlen der Einwirkung von Wasserdämpfen aussetzte, wodurch es gereinigt und entkohlt werden sollte.

Die Erzeugung von Flammofenflufsstahl schien fast als hoffnungslos aufgegeben zu sein, als im Jahre 1864 die Brüder Emile und Pierre Martin zu Sireuil bei Angoulème mit ihrer Erfindung hervortraten, welche darin bestand, dafs sie Gufsstahl in Flammöfen, welche mit Siemens' Generatorfeuerungen geheizt wurden, darstellten. Zu diesem Ziel, das so leicht zu erreichen schien, nachdem die Erfindungen von Heath und von Siemens vorausgegangen waren, gelangten die Brüder Martin erst nach zahlreichen und vielen vergeblichen Versuchen. Neues war in dem Verfahren eigentlich nicht

Digitized by Google

enthalten, nur die erfolgreiche Verwendung von Siemens' Regenerativfeuerung bei dem Schmelzprozefs war neu und hat den Namen Martin berühmt gemacht. Hier war die Erfindung wirklich der Abschlufs von etwas Gesuchtem.

Den Erfolg verdankten die Gebrüder Martin der Anwendung von Siemens' Regenerativfeuerung [1]). Karl Wilhelm Siemens hatte schon seit der Erfindung dieser neuen Feuerung durch seinen Bruder Friedrich im Jahre 1856 Versuche gemacht, dieselbe zur Heizung der Flammöfen in der Eisenindustrie zu verwenden, und hierfür bereits am 11. Mai 1857 ein Patent genommen. Der Gedanke, die durch diese Feuerung erzeugte Hitze zur Schmelzung des Stahls im offenen Herd zu verwenden, war ihm bald darauf gekommen und er hatte deshalb gemeinschaftlich mit seinem Bruder Friedrich am 22. Januar 1861 ein neues Patent (Nr. 167) genommen. 1861 machte er Abraham Darby von Ebbw-Vale den Vorschlag, Versuche damit zu machen. Dann suchte er im folgenden Jahre Charles Atwood von Towlaw in Durham für die Idee zu gewinnen, was ihm auch gelang, doch entsprach der Erfolg nicht den Erwartungen, und Atwood sah deshalb von dem Schmelzverfahren im offenen Herd ab. Gröfseres Entgegenkommen als in England fand Siemens in Frankreich, wo besonders der Generalinspektor der Bergwerke Le Chatelier, der das Stahlpuddeln auf Bauxitherden eingeführt hatte, sich lebhaft für das Verfahren interessierte, welches auf seine Veranlassung von den Herren Boigues, Rambourg & Co. in Montluçon ausgeführt wurde. Unter der Leitung von Dr. Otto Siemens, Wilhelms Bruder, wurde auch guter Stahl im Flammofen erzeugt; als aber nach kurzer Zeit das Gewölbe zusammenschmolz, verloren die französischen Fabrikanten den Mut. C. Wilhelm Siemens legte darauf in Birmingham selbst eine Stahlhütte an, die er „Sample Steel Works“ nannte, um weitere Versuche zu machen. 1863 waren die Brüder Martin zu Sireuil von Siemens auf die Versuche zu Montluçon aufmerksam gemacht worden, und da sie sich dafür interessierten, schickte ihnen Siemens noch in demselben Jahre eine Zeichnung, wonach sie ihren Ofen bauten. Der Anteil von C. W. Siemens [2]) an der Erfindung der Gebr. Martin ist so grofs, dafs man das Verfahren des Stahlschmelzens im offenen Herd mit Recht als Siemens-Martin-Prozefs bezeichnet und nur aus

---

[1]) Siehe Berg- und Hüttenm. Ztg. 1878, S. 337 und C. William Siemens, Correspondance entre Martin et C. W. Siemens.

[2]) Vergl. Jeans, Steel, p. 89.

Digitized by Google

Bequemlichkeit pflegt man das Verfahren kurzweg den Martinprozefs oder das Martinieren zu nennen.

Am 8. April 1864 war es den Gebrüdern Martin auf ihrem Werk zu Sireuil gelungen, mit ihrem Ofen Stahl zu erzeugen, und am 10. April liefsen sie sich das Verfahren für Frankreich patentieren.

Das erste englische Patent, welches R. A. Brooman für sie nahm, ist vom 15. August 1864. Es lautet: „Die direkte Darstellung des Stahls wird in einem Flammofen, vorzugsweise in einem Siemens-Gasofen bewirkt, indem Gufseisen eingeschmolzen wird, um ein Bad zu bilden, in dem kalte oder vorgewärmte Stücke von Schmiedeeisen, Rohstahl, Eisen- oder Stahldrehspäne, Abfälle oder vorzugsweise gepuddelte und in Stücke zerschnittene Luppen aufgelöst werden, bis ein Stahlbad erlangt ist. Es wird alsdann nur ein Teil dieses Bades abgestochen und eine weitere Menge von Schmiedeeisen, Stahl oder wenn nötig von Gufseisen nachgesetzt, um das abgestochene Metall zu ersetzen, worauf von neuem ein Teil des gebildeten Stahls abgestochen und in derselben Weise fortgefahren wird. Die Temperatur des Bades mufs auf 1500° bis 1800° C. gesteigert werden; auch ist es nötig, die schwarze, mit Eisenoxyd überladene Schlacke abzustechen und sie durch reine, oxydfreie Schlacke zu ersetzen. Wendet man hierfür einen geeigneten Flufs an, wie besonders Schlacke von Holzkohlenhochöfen, so erleichtert dies die Steigerung der Temperatur, während gleichzeitig durch Auflösung der Oxyde in der Schlacke die Masse gereinigt und verbessert wird.

Man kann auch oxydische Schlacke, Oxyde oder Silikate von Eisen, Mangan oder Blei, oder oxydierende Salze auf Gufseisen in einem Puddel- oder anderen Ofen wirken lassen. Wenn das Eisen teigig wird, sticht man die Schlacke ab und ersetzt sie durch Flüsse, wie Hochofenschlacke, Glasmasse, Soda, Pottasche, Kalk und dergleichen. Diese Glasflüsse haben die Eigenschaft, die Oxydation zu unterbrechen und eine bestimmte Qualität Gufsstahl zu sichern.

Man kann auch hämmer- und schmiedbares Eisen in Kupol- und ähnlichen Öfen in ähnlicher Weise bereiten, indem man Puddelluppen oder sonstiges weiches Eisen oder Stahl mit oder ohne Gufseisen schmilzt unter Zusatz eines Flusses, bis die Schlacke hell wird. Auf diese Art kann man Produkte von verschiedener Schmiedbarkeit erhalten. Mangan, Chloride, Fluoride, Nitrate und verschiedene Metalle können dem Roheisenbad zugesetzt werden. Kohlenhaltige Substanzen oder andere Reduktionsmittel können der Schlacke zur Entfernung der Oxyde zugefügt werden.“

Digitized by Google

In diesem ersten Patent waren also drei Stahlbereitungsarten angegeben, von denen zwei im Flammofen, eine im Kupolofen ausgeführt werden sollte. Der Schwerpunkt lag aber in dem ersten Verfahren. Von diesem ist denn auch in dem zweiten Patent, welches die Brüder Emil und Peter Emil Martin am 18. August 1865 nahmen, allein die Rede. Es erstreckt sich auch auf die Darstellung von Gufsstahl, Gufseisen (d. h. gegossenes Schmiedeeisen) und Halbstahl (métal mixte). Die Fabrikation beruht auf der Schmelzung von Eisen oder Rohstahl in einem Gufseisenbad, bei andauernder Weifshitze in einem Siemens-Flammofen. Diesem Patent ist die nebenstehende Zeichnung des Ofens (Fig. 101, 102) beigefügt. Ferner werden darin die Mischungsverhältnisse angegeben. Um Gufsstahl zu erzeugen, sollen 2300 Pfund Puddelstahl und 400 Pfund Stahl von früheren Schmelzungen allmählich in einem Bad von 700 Pfund reinem

Fig. 101.

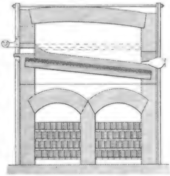
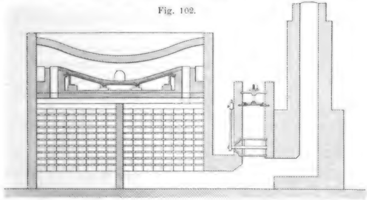


Fig. 102.



Gufseisen eingeschmolzen werden. Nachdem die schwarze Schlacke durch reine Schlacke ersetzt und die Masse gehörig durchgerührt und probiert ist, werden 40 bis 100 Pfund weifsglühendes Gufseisen zugesetzt, um das richtige Korn des Stahls zu fixieren.

Für weichen Stahl oder Flufseisen, welche keine Härtung mehr annehmen, werden 2600 Pfund granuliertes Puddeleisen

Digitized by Google

und 100 Pfund Stahl von früheren Schmelzungen in 700 Pfund Gufseisen eingeschmolzen und dann 20 bis 40 Pfund Spiegeleisen (fontes à facettes) zugesetzt.

Halbstahl (mixed metal) erhält man durch Einschmelzen von 200 Pfund Stahl oder Eisen in 1000 Pfund Gufseisen. Dieses gemischte Metall ist sehr hart, hämmerbar in der Hitze und zäher (less fragile) als Gufseisen.

Das dritte Patent der Brüder Martin vom 23. März 1866 bezieht sich hauptsächlich auf die Verarbeitung der Abfälle der Bessemerstahlfabrikation im Martinofen. Diese Abfälle sollen vorgewärmt in einem Bad von weifsem, stahlartigem, strahligem (rubanné) Roheisen, welches den Kohlenstoff wie den Stahl in aufgelöstem Zustand enthält, eingeschmolzen werden. Das Eintragen geschieht allmählich, die Mischung durch Rühren. Auch hierbei soll immer nur ein Teil des Produktes abgestochen werden, indem der andere Teil als Bad für die folgenden Einsätze dient.

Diese Verwendung des Martinprozesses zur Aufarbeitung der Abfälle der Bessemerstahlfabrikation, deren Verwendung den grofsen Werken seither oft Kopfzerbrechen gemacht hatte, war von grofser praktischer Bedeutung und hat viel zur Ausbreitung des Martinverfahrens beigetragen.

Die Gebrüder Martin selbst betrieben von Hause aus eine Gewehrfabrik und ihre Erfindung sollte ihnen nur ein besseres Material für die Gewehrläufe liefern. Sie erreichten dies auch schon 1865 und stellten seitdem ununterbrochen guten Stahl für ihre Gewehrläufe nach ihrem Verfahren dar. Bekannt wurde dasselbe zuerst durch die Beschreibung von P. E. Martin im Génie industriel vom Juli 1865 [1]).

In die Öffentlichkeit drang es aber erst durch die Ausstellung in Paris von 1867, wo es als die wichtigste Neuheit in der Eisenindustrie Aufsehen erregte und mit dem höchsten Preise ausgezeichnet wurde. Die Gebrüder Martin erhielten die goldene Medaille für ihr Produkt, während Siemens die grofse Preismedaille für seinen Ofen und dessen Anwendung auf die Stahlbereitung erhielt.

Tunner erblickte in dem Martinprozefs ein verbessertes Uchatiusverfahren, wobei die Schmelzung im Flammofen statt im Tiegel geschieht. Der Betrieb zu Sireuil war bei Eröffnung der Ausstellung noch der einzige seiner Art. Er hielt sich in ziemlich bescheidenen Grenzen, indem man nur mit 1500 bis 2000 kg Einsatz arbeitete. Am

---

[1]) Deutsch in Dinglers Journal, Bd. 176, S. 310.

Digitized by Google

1. Juni eröffnete aber der verdienstvolle Stahlfabrikant Verdié zu Firminy ein grofses Martin-Stahlwerk mit Öfen von 3000 bis 3500 kg Einsatz. Ein Regenerator bediente 2 Schmelzöfen und 3 Glühöfen zum Vorwärmen des Eisens[1]). Erst wurde ein Glühofen mit 900 kg Roheisen beschickt. Die glühenden Gänze wurden in grofsen Schaufeln mit Hülfe von Krahnen in den Schmelzofen gebracht und hier unter Zusatz von Hochofenschlacken und Quarzsand eingeschmolzen. Dann steigerte man die Temperatur und trug die bis zur Weifsglut erhitzten Stabeisen- und Stahlstücke in Sätzen bis zu 200 kg ein. Auf die 900 kg Roheisen wurden ca. 2400 kg Stabeisen und Stahl gesetzt. Die ganze Operation dauerte 8 Stunden, wozu noch 2 Stunden für die Reparatur des Herdes, der gereinigt und, soweit nötig, mit frischem Quarzsand ausgeschlagen wurde, kamen. Gegen Ende des Schmelzens wurde die Masse teigartig, worauf nach einem Posten von 200 kg Schmiedeeisen 800 kg Roheisen nachgesetzt wurden. Nach dem Einschmelzen nahm man Probe und stach nach der achten Stunde ab. Die zwei Flammöfen lieferten je 3500 kg Gufsstahl in einer Schmelze und in 24 Stunden wurde zweimal abgestochen. Dies entsprach einer Jahresproduktion von 2100 Tonnen. Der zu Firminy erzeugte Stahl lieferte vorzügliche Eisenbahnschienen. Der Betrieb war teurer als beim Bessemerverfahren, die Anlage dagegen viel billiger und zwar im Verhältnis von 45 zu 136, aufserdem brauchte man kein Spiegeleisen. Diese letzte Angabe bestätigte sich indes nicht. Bereits am 25. Juli 1867 nahmen die Gebrüder Martin ein neues Patent, in dem die Verwendung von Spiegeleisen zur Nachkohlung, um eine bestimmte Qualität Stahl zu erzeugen, besonders hervorgehoben ist. Dieses Patent und das von C. W. Siemens vom 21. August 1867 in England genommene bilden die Grundlage des eigentlichen Siemens-Martinprozesses. Dieser erwies sich da als nicht ökonomisch, wo man das Schmiedeeisen oder den Stahl, den man dem Roheisenbade zusetzte, erst durch Puddeln oder ein anderes Frischverfahren herstellen mufste, er bewährte sich dagegen als vorteilhaft da, wo man ihn mit einer Fabrikation verband, die diese Produkte als Abfälle erzeugte, wie dies namentlich bei den Bessemerwerken der Fall war.

Wie jede neue Erfindung durch Reklame und Überschätzung übertriebene Hoffnungen erweckt, so war dies auch bei dem Siemens-Martin-Prozefs der Fall. Viele glaubten, man könne mit diesem Verfahren aus dem geringsten Material guten Stahl machen und damit

---

[1]) Siehe Dinglers Journal 188, S. 46.

Digitized by Google

seien die kostspieligen Bessemeranlagen einfach überflüssig. Dies erwies sich aber sehr bald als Täuschung. Schwefel und Phosphor wurden auch bei diesem Verfahren ebensowenig wie beim Bessemerverfahren abgeschieden. Schwefel- und phosphorhaltige Roheisensorten waren also auch bei diesem Prozeſs ausgeschlossen und ebenso sorgfältig muſste man bei der Auswahl des zugesetzten Schmiedeeisens und Stahls sein, deren Unreinigkeiten alle in das Produkt übergingen. Der neue Prozeſs war mehr geeignet zur Ergänzung als zur Bekämpfung des Bessemerprozesses. Lange Zeit schien sein Nutzen nur darin zu bestehen, daſs man mit ihm die massenhaften Abfälle der Walzwerke, namentlich auch der Bessemerwerke, verwerten konnte, und einen weiteren groſsen Vorteil fand man darin, daſs er keine so groſsen und kostspieligen Anlagen erforderte als der Bessemerprozeſs, daſs man den Betrieb nach Bedürfnis in kleinerem oder gröſserem Umfange betreiben konnte, daſs er also allen, auch kleineren Verhältnissen leichter angepaſst werden konnte. Diesen groſsen Vorzug erkannte Tunner sofort und empfahl deshalb die Einführung des Prozesses für Österreich. Kuppelwieser veröffentlichte 1868 eine vergleichende Berechnung zwischen dem Bessemer- und dem Martinverfahren[1]), aus der hervorging, daſs bei gleicher Produktion die Anlagekosten eines Martinwerkes billiger, Kohlenverbrauch und Arbeitslöhne ziemlich gleich zu stehen kommen. Hierzu kam noch der weitere Vorteil, daſs man bei dem Martinprozeſs weiſses Roheisen verwenden konnte, und daſs man den Verlauf des Prozesses durch Schöpfproben leichter zu kontrollieren und im richtigen Augenblick zu unterbrechen vermochte.

Geringe Roheisensorten konnte man, wie erwähnt, beim Martinverfahren so wenig anwenden wie beim Bessemern. Zu Firminy schmolz man nur das aus den guten algerischen Moktaerzen erblasene Roheisen ein. In den Newport-Stahlwerken bei Middlesborough, wo der Prozeſs zuerst in England zur Anwendung kam, schmolz man schwedisches Roheisen ein und setzte Hämatiteisen zu. Auſser auf den genannten Werken war 1868 das Verfahren eingeführt zu Creusot, auf den Model oder Sample Steel Works zu Birmingham und den Bolton Steel Works von v. Mayr in Leoben, von Barber und Klusemann in Floridsdorf bei Wien und von Borsig in Berlin.

Creusot hatte vom 1. Juli bis zum 20. August 1869 eine Million Kilogramm Eisenbahnschienen aus Martinstahl zum Preise von 208 Mark die Tonne geliefert. Verdié in Firminy machte haupt-

[1]) Siehe Österreich. Zeitschr. 1868, Nr. 26.

Digitized by Google

sächlich Bandagen, die an Güte mit den aus Tiegelgufsstahl hergestellten wetteiferten.

Aus diesen Angaben ersieht man, welche rasche Verbreitung und welche Wichtigkeit das Martinverfahren in den wenigen Jahren seit seiner Erfindung erlangt hat.

Waren die Bestrebungen der Gebrüder Martin hauptsächlich darauf gerichtet gewesen, Flufsstahl durch Zusammenschmelzen von Eisenabfällen mit Roheisen zu erzeugen, so nahm K. W. Siemens von Anfang an ein besonderes Interesse an der Stahlerzeugung, durch Zusammenschmelzen von Roheisen mit reinem Eisenerz, dem sogenannten Erzstahlprozefs. Er veranlafste 1866 und 1867 Rowan & Co. in Glasgow, die Barrow Hämatitstahl-Gesellschaft, die Bolton Stahlgesellschaft, die Nordwest-Eisenbahn- und die Grofse Westbahngesellschaft, den Flammofen-Stahlprozefs einzuführen und regte 1867 die Gründung der Steel Company of Scotland zur Ausbeutung dieses Verfahrens im gröfsten Mafsstab an. Er hatte bereits 1866 die Verwendung von Mangan und Ferromangan zur Entphosphorung und Entschweflung des flüssigen Metalls vorgeschlagen und verwendete dieselben bei seinen Versuchsschmelzen in den Sample Works zu Birmingham. Der berühmte Ingenieur Ramsbottom, Direktor der Crewe-Werke der London- und Nordwestbahn, war wohl der erste, der den Siemens-Martinprozefs dauernd in England einführte (1868), und fast gleichzeitig begann Howson das Verfahren auf den Newport-Eisenwerken bei Middlesborough. In demselben Jahre gründete Siemens mit Dillwyn und anderen die London-Siemensstahl-Gesellschaft zur Ausbeutung des offenen Herdprozesses, besonders der Erzstahlfabrikation.

Die Anlagekosten für einen Siemens-Martin-Schmelzofen, der 32 Quadratfufs erforderte, betrugen in Frankreich damals nach Kuppelwiesers Angabe 12000 Mark[1]). Die Produktion eines Martinofens, der in 24 Stunden 2 Chargen machte, betrug 3000 bis 5000 kg. Für gewöhnlichen Stahl nahm man gleiche Mengen Roh- und Stabeisen oder Stahl. Der Kalo belief sich auf 6 bis 8 Prozent, mit dem Abbrand des Schmiedeeisens aber auf 12 bis 13 Prozent. Es war von grofser Wichtigkeit, die Temperatur zu jeder Zeit regeln zu können, deshalb empfahl es sich, eine Anzahl von Generatoren zur Verfügung zu haben.

---

[1]) Aufser den schon erwähnten Veröffentlichungen führen wir noch aus jener Zeit an einen Aufsatz von Vincent Day im Practical Mechanics Journal 1867, p. 235 (Dingler 187, S. 236), einen von H. Matthias im Génie industriel, Febr. 1868, p. 71; von Gruner, Annales des Mines 1869, t. XVI, p. 281 (Dingler 196, S. 223).

Digitized by Google

Seinem Wesen nach war das Verfahren der Gebrüder Martin Umschmelzung und Legierung, oder richtiger eine Cementation von Schmiedeeisen in einem Bade von Roheisen. Ein Frischprozefs wie das Bessemern war es damals noch nicht, man war vielmehr ängstlich darauf bedacht, jedes Frischen zu verhindern. Etwas Oxydation mufste bei dem Vorwärmen und Einschmelzen immer eintreten, doch durfte diese nur so weit gehen, dafs das Silicium abgeschieden wurde. Ein Siliciumgehalt des Roheisens war deshalb auch bei dem Martinprozefs erwünscht, sowohl wegen der Wärmeerzeugung, als um das eigentliche Frischen, die Oxydation des Kohlenstoffs, hintanzuhalten. Die Schlacke durfte, wie Martin in allen seinen Patenten betont, kein Eisenoxyd enthalten, also keine Garschlacke, sondern möglichst indifferent sein. Die Schlacken von dem Betriebe Verdiés in Firminy ergaben nach der Analyse in der École des Mines (1868):

Kieselsäure	64,33
Thonerde	8,66
Eisenoxydul	21,89
Manganoxydul	2,74
Kalk	3,00
	100,62

Sie bildeten ein hochsiliciertes Glas.

Grofse Schwierigkeit bereitete es an vielen Orten, genügend feuerfeste Materialien für Herd und Gewölbe der Öfen zu bekommen. Der glückliche Erfolg der Gebrüder Martin war nicht zum kleinen Teil dadurch veranlafst, dafs sie bei Sireuil einen vorzüglichen feuerfesten Sand für die Herdböden ihrer Öfen gefunden hatten. Dieser Sand übertraf den Ganister, welchen die Engländer anfangs anwendeten, an Güte, so dafs die Stahlwerke von Newport 1868 nach verschiedenen Versuchen den Sand aus Sireuil bezogen. Die Dinassteine, welche man für die Gewölbe verwendete, schmolzen rasch weg. Nach längeren Versuchen bewährten sich Steine aus reinem zerkleinertem (crushed) Quarz, mit etwa 2 Prozent gebranntem Kalk gemischt, am besten.

Cement- und Gufsstahlfabrikation 1861 bis 1870.

Auf die älteren Methoden der Stahlbereitung, insbesondere auch die Cement- und Gufsstahlfabrikation, sind die Theorieen der Franzosen Fremy und Caron, welche dem Stickstoff eine grofse Wichtigkeit beilegten, nicht ohne Einflufs geblieben. Caron hatte eine neue Cementstahlbereitung mit kohlensaurem Baryt (Witherit)

Digitized by Google

vorgeschlagen, weil dieser Körper ganz besonders die Cyanbildung und die Übertragung des Stickstoffs und Kohlenstoffs begünstigen sollte[1]). Dieses Verfahren wurde 1861 auf der Hütte zu Montataire im grofsen ausgeführt[2]). Hierauf nahm W. E. Newton nach einer Mitteilung von Alexander Lemoire am 5. März 1861 ein Patent in England[3]). Die Ausführung geschah in Retorten. Die Stäbe wurden von aufsen gezogen und der Betrieb war ein continuierlicher, indem nur von Zeit zu Zeit frische Kohlen nachgefüllt werden mufsten.

Die Franzosen L. J. Duhesme, de Ruolz und de Fontenay erfanden eine Gufsstahlbereitung durch Zusammenschmelzen von gefeintem Roheisen, Schmiedeeisen und gelbem Blutlaugensalz in Tiegeln, worauf Ch. Cowper am 7. September 1860 ein Patent in England erhielt. Durch einen ähnlichen Prozefs, nämlich durch Schmelzen von Holzkohlenstabeisen mit 2 Tln. Salmiak und 1 Tl. Cyankalium, wurde in Amerika der Farrar-Stahl hergestellt.

Die Weltausstellung in London von 1862 zeigte den gewaltigen Fortschritt der Gufsstahlfabrikation. Man schätzte die englische Gufsstahlerzeugung auf 1 Million Centner, wovon ein Drittel aus einheimischem, zwei Drittel aus schwedischem Eisen gemacht wurde. Frankreichs Produktion betrug 78762 Centner Rohstahl, 196168 Centner Cementstahl und 87032 Centner Gufsstahl, zusammen 361962 Centner. Preufsen erzeugte 425000 Centner Stahl.

Was die Gufsstahlfabrikation leisten konnte, das bewies die grofsartige Ausstellung von Krupp im Jahre 1862. Wir erwähnen davon den gewaltigen Gufsstahlblock von 44 Zoll Durchmesser und 8 Fufs Länge, der 20 Tonnen wog, gegen den also der Block vom Jahre 1851 von 2,25 Tonnen Gewicht, der damals so grofses Aufsehen erregt hatte, weit zurückstand. Der Block war unter dem 1000 Centner-Hammer durchgebrochen und zeigte einen ganz gleichmäfsigen, tadellosen Bruch. Ein anderer Block von 4 Tonnen Gewicht, quadratisch vorgeschmiedet, zur Hälfte roh gelassen, die andere Hälfte ausgeschmiedet, war in der Längenrichtung auseinandergespalten und zeigte die Feinkörnigkeit, Homogenität und Zähigkeit im rohen Zustande und die Erhöhung dieser Eigenschaften durch die Bearbeitung. Ein anderer, 15 Tonnen schwerer Block von 30 Zoll auf 67 Zoll, war in 4 Stücke zerbrochen und zeigte überall dieselbe Gleichmäfsigkeit.

---

1) Siehe Comptes rendus, April 1861; Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. V, 252.
2) Siehe Comptes rendus LII, p. 677.
3) Siehe Polytechn. Centralblatt 1862, Nr. 6.

Digitized by Google

Zahlreiche Schmiede-, Bieg-, Dreh- und Lochproben, kalt und warm, zeigten die Zähigkeit und Güte des Materials. Von den tadellosen Radbandagen aus Gufsstahl hatte die Fabrik schon über 40000 Stück abgeliefert; von diesen liefen viele schon seit Jahren.

Ebenso war die Ausstellung von Gufsstahlkanonen überraschend. Sie bestand aus 4-Pfündern nach französischem und 20-, 40-, 60- und 100-Pfündern nach neuem englischem Kaliber. Eine Kanone mit 9 Zoll Bohrung war aus einem Gufsblock von 25000 kg Gewicht in einem Stück mit den Zapfen geschmiedet. Seitdem Krupp 1851 in London seinen ersten Gufsstahl-6-Pfünder ausgestellt hatte, waren von ihm über 1000 Stück Gufsstahlkanonen an alle gröfseren Staaten geliefert worden. Eine vollkommen bearbeitete Kanone war der Länge nach auseinandergesägt und gebrochen, wobei ebenfalls das Material sich tadellos zeigte. Ein sehr sachverständiger Berichterstatter schliefst mit dem Ausspruch: Krupp ist nichts mehr unmöglich. Seine Ausstellung war ein Triumph der Gufsstahlfabrikation. 1861 war seine Erzeugung schon auf 10 Millionen Pfund Gufsstahl gestiegen.

Rettig in Schweden hatte ein Patent für Gufsstahlbereitung durch Zusammenschmelzen von Roheisen und Stabeisen erworben und sein Produkt ausgestellt. C. R. Urff in Wikmanshyttan hatte guten Uchatiusstahl, der aus den reichen Magneteisenerzen von Pisberg dargestellt war, vorgeführt.

Neben Krupp zog aber damals, aufser der schon erwähnten Ausstellung von Bessemerstahl, besonders Howells Homogenstahl und R. Mushets Titanstahl die Aufmerksamkeit der Metallurgen auf sich.

J. B. Howell hatte bereits am 9. Oktober 1856 ein Patent auf die Herstellung einer Art von Gufsstahl oder Homogenmetall (homogenious metal) aus den gewöhnlicheren Eisensorten durch Hinzufügen von Hammerschlag oder Walzsinter zu den gebräuchlichen Gemengteilen bei der Gufsstahlfabrikation genommen. Es wurde hierdurch ein weicher Gufsstahl erzielt, der von der Firma Shortridge, Howell & Co. in Sheffield im grofsen erzeugt und für mancherlei Zwecke verarbeitet wurde. Aufsehen erregten auf der Londoner Ausstellung 1862 namentlich die daraus gefertigten dünnen Röhren, welche kalt gewunden, plattgeschlagen und aufgerollt waren, wie wenn sie von Gummi wären. Das Homogenmetall, welches zu Panzerplatten benutzt wurde, enthielt nach Percy nur 0,23 Prozent Kohlenstoff. Er bezeichnet es als einen Zwischenzustand zwischen Gufsstahl und Schmiedeeisen. Für die Herstellung einer besonderen Art von Panzer-

Digitized by Google

platten aus Schmiedeeisen und Homogenmetall nahm J. B. Howell am 24. November 1862 ein Patent. Er bildete ein Netzwerk von Schmiedeeisenstäben von der Gestalt und Gröfse der Platte, legte diese in eine entsprechende Form ein und gofs diese mit Homogenmetall aus.

Mushets Titanstahl zog durch den Eifer und die Reklame des Erfinders die Aufmerksamkeit auf sich. Vom März 1859 bis Dezember 1861 hatte R. Mushet nicht weniger als 13 Patente für die Anwendung von Titan zur Verbesserung von Eisen und Stahl genommen. Mushet wollte dieses Arcanum bei allen Eisenprozessen, im Hochofen, beim Puddeln und beim Bessemern, hauptsächlich aber bei der Gufsstahlbereitung in Tiegeln angewendet wissen. Er verschmolz Titaneisenerze von Neuseeland oder von Norwegen (Iserin und Ilmenit), die, mit Holzkohle oder Harz gemischt, der Beschickung zugesetzt werden sollten. Zur Zeit der Londoner Ausstellung herrschte noch einiger Glaube an Mushets Titanstahl, der Erfolg war aber doch zu gering, als dafs es sich der Mühe lohnte, die vielen Patente, die sich sehr ähnlich sahen, im einzelnen zu betrachten, und verweisen wir auf die Abridgments of Specifications und auf den Auszug, den John Percy in Iron and Steel (p. 165) davon gegeben hat. Wir bemerken nur, dafs nach den späteren Patenten noch andere Beimengungen, nämlich Mangan, Wolfram und Chrom, mit zugefügt wurden, um die Verbesserung des Stahls zu bewirken. Trotz aller Reklame wollten aber die Sheffielder Stahlfabrikanten nichts von dem gepriesenen Titanstahl wissen und Chemiker, welche das Produkt analysierten, wollten kein Titan in demselben gefunden haben.

Wir müssen hier der Vollständigkeit wegen kurz noch einige andere Patente zur Verbesserung von Cement- und Gufsstahl aus dem Anfang der sechziger Jahre erwähnen, die teils die Verbesserung, teils die Verbilligung des Gufsstahls bezweckten.

J. und D. F. Bower verbesserten angeblich Gufsstahl durch Zusatz von Eisenchlorid und Kohle im Tiegel und nahmen darauf am 3. Oktober 1860 ein Patent.

Am 25. April 1860 hatte der Amerikaner A. R. Eaton ein englisches Patent auf sein Sodaverfahren genommen. Ganz ähnlich war das Verfahren von Pomeray, worauf W. E. Newton am 29. August 1860 ein Patent erwarb.

In demselben Jahre führte van Herr-Zeele eine neue Stahlfabrikation zu Witkowitz ein, die darin bestand, dafs durch

Digitized by Google

Behandlung von Gufseisenplatten mit Wasserdampf im Glühofen ein Glühstahl erzeugt wurde, den er dann in Tiegeln zu Gufsstahl umschmolz. Ahnliche Vorschläge hatte Fremy gemacht.

Das alte Verfahren von Clouet und David Mushet, Schmiedeeisen mit Kohle im Tiegel zu Stahl zu schmelzen, wurde ebenfalls wieder versucht und mehrfach patentiert, so z. B. von G. Nimmo am 17. August 1860. Der Zusatz von Blutlaugensalz bezweckte im Grunde auch nichts anderes als die Cementation im Tiegel.

Marguerite und Sourdeval nahmen 1861 ein Patent auf eine verbesserte Cementation mittels Kohlenwasserstoff oder Kohlenstickstoffverbindungen in Verbindung mit Alkalien.

Nicht zur Stahlbereitung, nur zur Reinigung wurde Wasserdampf in verschiedener Form vorgeschlagen. W. A. Gilbee empfahl hierfür in seinem Patent vom 31. August 1861 einen in zwei Kammern geteilten, durch eine mit Löchern versehene Scheidewand getrennten Flammofen. Das geschmolzene Metall sollte in dünnen Strahlen in die obere Kammer eintreten, worauf durch einen Trichter Ätzkalkpulver, welches das Metallbad bedecken soll, aufgegeben wird. Das flüssige Eisen gelangt dann durch die Öffnungen in der Scheidewand in den unteren Ofen, welcher mit drei geneigten Formen nahe dem Herdboden versehen ist, wovon zwei mit einem Dampfkessel verbunden sind, während durch die dritte Luft eingeblasen wird.

Preisenhammer und Weniger wollten Wasserstoffgas zur Reinigung und zum Schmelzen anwenden.

Théophile L. Rousselot schrieb der Borsäure eine besondere Kraft zu, indem er behauptete, durch längeres Eintauchen von Eisen in eine Lösung von Borsäure und darauf folgendes Umschmelzen unter einer dünnen Decke von Kohlenstaub Stahl zu erhalten. Die Gebrüder Gardner empfahlen Zink als Reinigungsmittel. Andere wiederholten die alten Rezepte, durch Zusatz von Gold und Silber, Nickel, Chrom, Wolfram u. s. w. besonders guten Gufsstahl zu erzeugen. Julius Bauer aus Brooklyn bei New-York (Nordamerika) empfahl Aluminiumstahl.

R. Mushet liefs sich am 19. November 1862 ein Verfahren der Gufsstahlbereitung patentieren, welches darin bestand, „graues, weifses oder halbiertes spatiges oder Rohstahleisen oder Frankliniteisen“ in einem Ofen bis nahe seinem Schmelzpunkt zu erhitzen, und es dann zu grobem Pulver in eisernen Mörsern zu zerstofsen. Dieses Pulver sollte dann mit Manganoxyd der Beschickung im Tiegel zugesetzt

Digitized by Google

werden. — Gruner hatte 1861 über die Stahlerzeugung durch Cementation mittels Leuchtgas geschrieben [1]).

Von der gröfsten Wichtigkeit für die Gufsstahlfabrikation war die Einführung der Gasschmelzöfen in Verbindung mit Siemens Erfindung der Regeneratorfeuerung. Obgleich das Patent von Karl Wilhelm und Friedrich Siemens vom 22. Januar 1861 die Verwendung der Öfen zum Stahlschmelzen hervorhebt, und obgleich Karl Wilhelm Siemens von Anfang an gerade dieser Aufgabe sein Hauptinteresse zugewendet hatte und selbst in Sheffield Versuche anstellte, so dauerte es doch mehrere Jahre, bis dieses Feuerungssystem mit Erfolg bei der Gufsstahlfabrikation Verwendung fand.

Charles Attwood hatte dagegen 1862 mit Siemens' Unterstützung das Stahlschmelzen im offenen Herd versucht.

1864 erbauten die Gebrüder Martin, die von Siemens die Licenz erworben hatten, ihren Stahlofen, der sowohl für den Betrieb im offenen Herd als mit Tiegeln eingerichtet war. Sie verwendeten auf Siemens' Veranlassung für das Gewölbe und die dem Feuer unmittelbar ausgesetzten Teile des Ofens geprefste Steine aus Quarzsand, sogenannte Dinassteine.

Hierauf errichtete Siemens selbst im Jahr 1865 ein Musterstahlwerk, um den Wert seines Regenerativ-Schmelzofens den Eisenhüttenmännern vor Augen zu führen. Er baute einen Ofen für 16 Tiegel zur Herstellung besserer Gufsstahlsorten. Dieses Vorgehen hatte denn auch den Erfolg, dafs Siemens' Öfen in den Tiegel-Stahlwerken Englands rascher Verbreitung fanden, ebenso in Frankreich und Deutschland. Die später gebauten Öfen fafsten gewöhnlich 20 bis 24 Tiegel, die in zwei Reihen aufgestellt waren. Die Tiegel wurden durch eine Öffnung im Gewölbe, die durch lose Ziegel geschlossen war, eingesetzt und ausgehoben. Die Generatorgase und die heifse Luft traten auf den Langseiten gegenüber jedem Tiegelpaar ein. Die Tiegel standen in einer Schicht von gemahlenem Koksstaub. Die Ersparnis an Brennmaterial im Vergleich mit den alten Schmelzöfen war sehr bedeutend. Die Kosten für 1 Tonne betrugen 5 d. gegen vordem 75 d.; dabei hielten die Tiegel in den Gasöfen 4 bis 5, bei Verdié in Firminy sogar 8 Schmelzungen aus, bei den alten Öfen dagegen nur 2 bis 3. Ein Ofenfutter hielt jetzt 15 bis 20 Wochen, bei den alten Öfen höchstens 4 bis 5 Wochen [2]). Die Chargendauer betrug in Firminy

[1]) Siehe Comptes rendus, April 1861; Dinglers Journal 160, S. 215.

[2]) Siehe C. W. Siemens, On the Regenerative Gas Furnace as applied to the Manufacture of Cast Steel. London 1868.

Digitized by Google

4 Stunden; die drei Gasöfen zu 20 Tiegel, à 25 kg, konnten also täglich 8000 kg Stahl liefern.

Auf dem v. Mayrschen Gufsstahlwerk in Leoben hatte man schon 1862 die Siemens-Regeneratoren mit Braunkohlen-Gasfeuerung zum

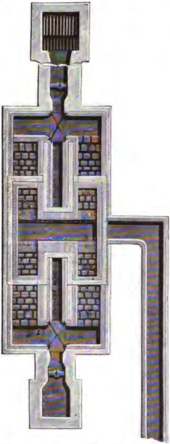


Fig. 104.

Fig. 103.

Schmelzen des Tiegelgufsstahls eingeführt. Fig. 103, 104 ist eine Skizze der Mayrschen Gufsstahlöfen.

F. Yates nahm am 4. November 1864 ein Patent auf ein Verfahren, dünne gufseiserne Stäbe in Retorten der Wirkung von überhitztem Wasserdampf und heifser Gebläseluft 12 Stunden bis mehrere Tage auszusetzen und das teilweise entkohlte Produkt in dem Tiegel oder Flammofen zu Gufsstahl umzuschmelzen.

Digitized by Google

Cailletet machte um diese Zeit die interessante Beobachtung, dafs Schmiedeeisen Kohlenstoff aufnimmt, wenn es in Berührung mit Roheisen in geschlossenen Gefäfsen geglüht wird; hier findet also die Bildung von Cementstahl und Glühstahl gleichzeitig statt.

Für den günstigen Einflufs des Wolframs trat Caron 1864 ein.

1867 wendete man bereits mehr Puddelstahl als Cementstahl in der Tiegelgufsstahlfabrikation an. Victor Gallet packte (1867) zerschnittene Luppenstäbe in ein Gemisch von Kalk, Thon, Pottasche, Manganoxyd, Harz und Rufs und schmolz die Masse in Tiegeln.

Bury & Co. in Sheffield hatten in der Pariser Weltausstellung 1867 Stahlwerkzeuge ausgestellt, die in der Weise hergestellt waren, dafs in Tiegeln geschmolzenes flüssiges Eisen oder weicher Stahl in Formen der betreffenden Werkzeuge gegossen und diesen dann durch Cementation eine Oberflächenhärtung gegeben wurde.

In der italienischen Abteilung war 1867 unter dem Namen Glisentis-Gufsstahl ein Produkt ausgestellt, das durch Zusammenschmelzen von Spiegeleisen und Stabeisen erzeugt war. In Ermangelung von Spiegeleisen schmolz man erst reines Roheisen mit einem Zusatz von 5 Prozent Mangan im Tiegel. Glisentis-Gufsstahl fand besonders für Revolver Verwendung.

v. Mayr in Leoben hatte „Manganstahl“ ausgestellt. Die Darstellung von Wolframstahl hatte er aufgegeben, weil derselbe sich angeblich im Feuer schlecht bewährte.

Die Schmelztiegel spielen eine wichtige Rolle bei der Gufsstahlbereitung, indem der Verschleifs derselben nach den Berechnungen von Gruner und Lan[1]) durchschnittlich mehr als ein Viertel der Erzeugungskosten (21 bis 36 Prozent) des Gufsstahls ausmacht. Über die übliche Gestalt und die Masse der Tiegel verweisen wir auf Wedding-Percy (Bd. III, S. 160 etc.). In der Regel wurden die Tiegel mit der Hand geformt mittels Nonne und Mönch, doch fing man in jener Zeit bereits an, Maschinen zum Tiegelformen zu verwenden. Die älteste dieser Tiegelpressen war von Malmedie[1]); bei ihr wurde der Prefskolben wie bei einer gewöhnlichen Münzpresse mittels einer Schraube bewegt.

Eine vollkommenere Maschine dieser Art, bei welcher der Prefskolben mit dem Kolben eines Dampfcylinders verbunden war, hat

---

[1]) Siehe Zeitschrift der deutsch. Ingenieure III, S. 227.

Vital Daelen zu Berlin konstruiert[1]). Eine kombinierte Bewegung, d. h. eine Uebertragung des Dampfdruckes durch Räder auf die Prefsschraube, hatte Pérard und Berchmanns Tiegelpresse.

Beachtenswert waren auch die Versuche, unschmelzbare Schmelztiegel aus Ätzkalk herzustellen. Da es nahezu unmöglich war, haltbare Tiegel direkt aus Atzkalk herzustellen, so schlug David Forbes folgendes Verfahren vor. Er stampfte feuerfeste Thontiegel fest voll Lampenrufs, schnitt daraus einen Tiegel aus, so dafs die Wände mit ca. einem halben Zoll Rufs bedeckt blieben; alsdann stampfte er diesen Kohlentiegel mit Ätzkalk aus, aus dem er dann in der ähnlichen Weise den Kalktiegel ausschnitt. Zum Schmelzen von einigen Pfunden von weichem Eisen, Kobalt u. s. w. bewährten sich diese Tiegel ganz gut. — Caron empfahl 1868 die Herstellung von Stahlschmelztiegeln aus Magnesit von Euböa.

Ein von Rochusen konstruierter Stahlschmelzofen bestand in einem grofsen Tiegel, der so viel fafste, wie eine ganze Gruppe kleiner und der sich mit dem Ofen umkippen liefs. Es sollten dadurch 25 Prozent an Arbeitslohn erspart werden.

Es erübrigt uns noch, verschiedene Stahlbereitungsverfahren und Vorschläge dazu, die sich zwar an die beschriebenen anlehnen, aber doch von denselben abweichen, zu betrachten.

Die Stahlerzeugung im Schachtofen wollte Parry (Patent vom 18. November 1861) dadurch erreichen, dafs er Puddeleisen oder Eisenabfälle im Kupolofen schmolz, das Eisen sollte cementiert und zu Gufsstahl geschmolzen werden. Weicheren Stahl wollte er dadurch erzielen, dafs er durch an dem Boden angebrachte Formen Wind durch das geschmolzene Metall blies. Beschleunigt wurde der Prozefs dadurch, dafs man erst ein Quantum reinen Roheisens einschmolz, ehe man das gefrischte Eisen aufgab. Es ist dies das in den Giefsereien zur Herstellung von ordinärem Stahlgufs gebräuchliche Verfahren.

Auf der Pariser Ausstellung 1867 erregte neben dem Flammofenschmelzen der Gebrüder Martin besonders das Salpeterverfahren von John Heaton, worauf dieser am 17. März 1866 in England ein Patent erhalten hatte, Aufsehen. Danach sollte flüssiges Roheisen in einem rotierenden Cylinder, an dem mit Salpeter gefüllte eiserne Kapseln befestigt waren, in Stahl verwandelt werden. Einem zweiten Patent vom 3. Mai 1867 waren Zeichnungen beigefügt.

---

[1]) Siehe Wedding-Percy a. a. O. III, 624.

Digitized by Google

James Hargreaves liefs sich am 3. und 22. Mai 1869 dasselbe Verfahren patentieren, das er auf alle Salze, welche Sauerstoff abgeben, in Verbindung mit Eisen- und Manganoxyd und für beliebige Arten von Öfen oder Konverter ausdehnte; selbst in der einfachen Giefspfanne sollte der Prozefs ausgeführt werden. In dem zweiten Patent schlug er einen stehenden Cylinder als Konverter vor, auf dessen Boden die Mischung feucht aufgestampft oder in Form von Blöcken gepackt und nach dem Anwärmen das flüssige Eisen darauf gegossen werden sollte. Für harten Stahl zu Schneidwerkzeugen sollten auf 1 Centner weifses Roheisen 9 Pfund Natronsalpeter und 5 Pfund Manganhyperoxyd genommen werden; für weichen Stahl 12 Pfund Salpeter und 18 Pfund Eisenoxyd.

Heatons Prozefs wurde zu Langley-Mill im grofsen ausgeführt[1]).

Die grofsen Hoffnungen, die man auf den Salpeterprozefs setzte, beruhten darauf, dafs man annahm, durch denselben würden Schwefel und Phosphor in wirksamer Weise aus dem Roheisen abgeschieden. Die Idee, Salpeter als Reinigungsmittel des Roheisens zu verwenden, war, wie wir wissen, durchaus nicht neu; so hatte z. B. ein Deutscher, Dr. Engelhard, schon in den dreifsiger Jahren Roheisen auf diese Weise gereinigt (s. Bd. IV, S. 587). Heatons Prozefs gab aufserdem kein fertiges Produkt, sondern dasselbe mufste erst umgeschmolzen werden.

Über den Betrieb von Heatons Stahlprozefs zu Langley-Mill im Jahre 1868 ist folgendes zu berichten: Das in einem Kupolofen umgeschmolzene Roheisen wurde in Quantitäten von 12 Centner in ein den schwedischen Bessemeröfen ähnliches Gefäfs eingegossen. Der mit feuerfesten Steinen ausgefütterte 8 Fufs hohe, 4 Fufs aufsen weite, feststehende Cylinder stand auf einem beweglichen Rädergestell unter einer 30 Fufs hohen Esse. Man gab auf den Boden des Gefäfses Natronsalpeter und legte auf diesen eine dicke, durchlöcherte Gufsplatte, schob das Gestell unter die Esse und gofs das Roheisen ein. Nach 2 Minuten begann die Reaktion. Anfänglich entwickelten sich rotbraune, dann schwarze und hierauf grüne und weifse Dämpfe in reichlicher Menge. Nach 5 bis 6 Minuten begann das eigentliche Frischen mit lautem Getöse und Ausströmen einer glänzend gelben Flamme aus der Esse. Nach $1^1/_2$ Minuten hörte die Erscheinung plötzlich auf und der teigartige rohe Stahl wurde mit der flüssigen Schlacke abgestochen. Die Gufsplatte schmolz meist mit ein.

---

[1]) Näheres über Heatons Prozefs siehe Jeans, Steel, S. 113.

Digitized by Google

Das Verfahren von Hargreaves und Robinson wurde zu Widnes in einem weiten niedrigen Schachtofen in ähnlicher Weise vorgenommen. Das Produkt des Salpeterprozesses wurde meist unter einem Patschhammer in Kuchenform geschlagen, dann zerbrochen und die 2½ bis 3 Pfund schweren Stücke mit Manganoxyd und etwas Holzkohlen im Tiegel zu gutem Gufsstahl geschmolzen. Man konnte das Produkt aber auch im Schachtofen und unter Hämmern weiter verarbeiten. Nach der Analyse von Dr. Miller war das Produkt ziemlich rein, der Phosphor war gröfstenteils abgeschieden, indem von 1,455 Proz. im Roheisen nur 0,292 im Stahl verblieben war.

Die Festigkeitsversuche, welche R. Mallet und Dr. Kirkaldy mit Heatonstahl gemacht hatten, waren sehr günstig ausgefallen. Anfang 1869 herrschte in England eine sehr gute Meinung über das Verfahren, das in Cleveland und Northhampton eingeführt worden war. Man hoffte damit alles schlechte Roheisen Englands in guten Stahl verwandeln zu können.

Versuche mit Heatons Verfahren in Seraing und in Österreich (von Kerpely) fielen ungünstig aus. Auch hier hatte die Reklame viel dazu beigetragen, dem Prozefs eine unverdiente Wichtigkeit beizulegen. Gruner veröffentlichte 1869 eine Untersuchung über den Heatonprozefs[1]), dem er grofse Bedeutung zuschrieb.

Caron empfahl 1868 zur Anfertigung von Stahlschmelztiegeln und für die Herde der Martinöfen die Verwendung des Magnesits, der auf der Insel Euböa in bedeutender Menge aufgefunden worden war und nur Spuren von Kalk, Kieselerde und Eisenoxyd enthielt. Der Magnesit sollte in hoher Hitze gebrannt, dann angefeuchtet und so in Tiegel gedrückt, hierauf diese getrocknet und nochmals gebrannt werden. Der hohe Preis stand aber der Einführung im Wege und wurden Graphittiegel vorgezogen.

Am 3. Dezember 1867 liefs sich John Gjers ein Verfahren zur Bereitung von Gufsstahl und Homogeneisen patentieren. Er puddelte wie gewöhnlich, unterbrach aber das Kochen im stärksten Stadium (top boil) und stach das stahlartige Produkt in einen Siemensschmelzofen ab.

Am 16. Januar 1868 liefs sich J. A. Jones folgende ähnliche Stahlbereitungsmethode durch Patent schützen. Er puddelte

---

[1]) Examen du procédé Heaton par M. Gruner, Professeur de métallurgie à l'école impériale des mines. Paris 1869.

Digitized by Google

das Roheisen mit Schlacke oder unter Zusatz von Eisen- und Manganoxyd und warf die rohen noch ungaren Luppen ins Wasser, oder er unterbrach die Kochperiode, kurz ehe die Schlacke über die Arbeitsplatte lief, liefs die Masse sich setzen und rifs das halbgare Metall heraus. Dieses brachte er in dem ersten wie in dem zweiten Falle in einen Siemens-Gasflammofen und schmolz es zu Gufsstahl um.

1868 schlug Charles Attwood (Patent vom 10. März) ein Verfahren vor, welches eine Kombination des Bessemer- und Martinverfahrens darstellt. Er will das in der Bessemerbirne mehr oder weniger entkohlte Eisen in einen Siemens-Flammofen laufen lassen und es hier nicht nur längere Zeit einer hohen Temperatur aussetzen (wie Benson), sondern auch noch entweder reines Gufseisen oder Schmiedeeisen zusetzen, je nachdem ein hartes oder ein weiches Produkt erzeugt werden sollte.

Heinrich Bessemer dehnte durch ein ausführliches Patent vom 10. November 1868 sein bereits früher beschriebenes Princip des Schmelzens unter hohem Druck auch auf Kupolöfen, Flammöfen und Tiegelöfen aus, deren Konstruktion er entsprechend abänderte. Die Temperatur sollte dadurch so hoch werden, dafs Schmiedeeisen und Stahl rasch und leicht schmelzen. Hierzu war eine Pressung von 20 bis 30 Pfund auf den Quadratzoll erforderlich.

J. Gjers hatte seinen Stahlschmelzprozefs (in seinem Patente vom 28. Februar 1868) dahin abgeändert, dafs er stahlartiges Eisen unter Zusatz von manganhaltigem Eisenerz oder einem Gemenge von reinem Eisenerz und reinem Manganerz in folgender Weise verschmolz. Das stahlartige Eisen, am besten als Brammen (stampings) aus Puddeleisen wird mit einem Gemisch etwa von 100 Tln. Kohlenteer, 50 Tln. Eisenerz, 25 Tln. Manganerz und 25 Tln. gebranntem Kalk umkleidet. Diese Stücke werden alsdann in Schmelzröhren, welche in aufrechter Stellung in einen Siemens-Gasflammofen so eingestellt sind, dafs sie mit ihrem oberen Ende durch das Gewölbe des Ofens hindurchgehen, so dafs sie von oben beschickt werden können, eingesetzt. Die Röhren sind unten ebenfalls offen; es sind gewissermafsen Schmelztiegel ohne Boden. In diesen Röhren wird der Stahl durch die Hitze des Siemens-Flammofens geschmolzen und sammelt sich das flüssige Metall auf dem Herde des Siemensofens, wo es, von Schlacken bedeckt, längere Zeit starker Hitze ausgesetzt bleibt, ehe es abgestochen wird. Wenn es erforderlich ist, kann durch Nachsatz von Spiegeleisen oder Schmiedeeisen im Herd ein härterer oder weicherer Stahl erzeugt werden. Der Betrieb ist ein kontinuierlicher.

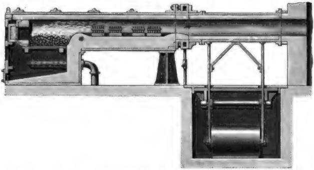
Digitized by Google

Gjers führte diesen Betrieb im Clevelanddistrikt ein[1]).

H. Bessemer verfolgte seine Idee, die Energie der metallurgischen Vorgänge durch hohen Druck zu verstärken, weiter und nahm am 10. Mai 1869 fünf Patente (Nr. 1431 bis 1435) für die Fabrikation von Stahl und Schmiedeeisen in Flammöfen, Kupolöfen, Konvertern u. s. w., für die Cementation von Schmiedeeisen und das Ausschmelzen auch von Erzen unter Druck.

Der Druckflammofen ist in dem Patent Nr. 1431 beschrieben und abgebildet[2]). Er besteht, wie Fig. 106 zeigt, aus einem starken Eisengehäuse, welches mit feuerfestem Material ausgekleidet ist. Die Rostfeuerung ist in einem eisernen Kasten eingeschlossen. Unter dem

Fig. 105.



Rost mündet das Windrohr mit zahlreichen kleinen Ausströmungsöffnungen. Dasselbe ist geöffnet, sobald mit Hochdruck gearbeitet werden soll. An die Feuerung schliefst sich der flache Herd; die Feuerbrücke ist mit Wasser gekühlt. Statt des Fuchses schliefst der Herdraum mit einer runden Öffnung ab; an diese schliefst sich der bewegliche, doppelte Feuerkanal von ungleicher Weite, wovon der eine durch das Hebelwerk mit Gegengewicht eingestellt wird, wenn mit Essenzug, der andere, wenn mit Hochdruck gearbeitet werden soll. Anfangs wird der Ofen mit natürlichem Essenzug betrieben, wobei er sich in der Stellung Fig. 105 befindet; die Zugthür ist geöffnet. Befindet sich die Charge in heller Weifsglut, so wird die Zugthür geschlossen, der Feuerkanal mit der engen Ausmündungsöffnung eingestellt und der geprefste Wind durch das Rohr unter den Rost einströmen gelassen. Die Hitze steigt rasch und die Schmelzung ist in kurzer Zeit beendet. Alsdann wird das flüssige Metall abgestochen.

[1]) Siehe Kerpely a. a. O. 1869, S. 254, Taf. IV, Fig. 38, 39.

[2]) Vergl. auch Engineering 1870, Janr., p. 29; Dinglers Journal 196, S. 220.

Digitized by Google

Um geringeren Stahl auf billigere Weise zu schmelzen, konstruierte Bessemer einen Kupolofen für Hochdruck, der mit einem domförmigen Aufsatz versehen war, durch den die Charge unter Luftabschlufs eingefüllt werden konnte. Die Öffnung, durch welche die Verbrennungsprodukte entwichen, konnte durch einen eingesetzten Thonpfropf mehr oder weniger verengert werden[1]). Diese Öfen sollten besonders zum Umschmelzen von Puddeleisen, Puddelstahl, Rohstahl vom Salpeterfrischen, Schienenabschnitten und alten Schienen verwendet werden. Seine Beobachtungen hatten ihn gelehrt, dafs die Beschleunigung des Schmelzprozesses weit mehr von der Intensität als von der Menge der Wärme abhängig sei, und dafs diese durch den Druck wesentlich gesteigert werde. Bessemer übertrug diesen Grundsatz sogar auf den Hochofenbetrieb und entwarf einen ähnlichen Hochofen zum Erzschmelzen (Patent Nr. 1435). Das in dem Patent Nr. 1434 angegebene Verfahren ist als flüssige Cementation zu bezeichnen.

Das schon früher erwähnte Verfahren der direkten Stahlerzeugung aus Roheisen von Aristide Bérard, welches in Frankreich auf den Werken von Givors zur Einführung gekommen war, wurde zuerst von W. E. Newton 1862 und dann von J. Whitley in England eingeführt[2]), ohne jedoch eine Bedeutung zu erlangen.

Die Fortschritte der Stahlbereitung bewirkten eine rasche Steigerung der Stahlerzeugung. Leider ist die Statistik aus jener Zeit zu mangelhaft, um die gesamte Erzeugung der Erde zahlenmäfsig darstellen zu können, und müssen wir uns begnügen, diese Zunahme für einzelne Länder nachzuweisen. Für Preufsen, den deutschen Zollverein und Frankreich stellte sich dieselbe wie folgt:

Stahlerzeugung in Tonnen.

Jahr	Preufsen	Deutscher Zollverein	Frankreich
1861	29 483	34 259	30 330
1862	35 793	40 916	37 614
1863	49 197	54 250	28 167
1864	66 588	71 359	31 519
1865	93 819	99 543	35 365
1866	108 473	114 434	31 665
1867	117 420	122 591	40 457
1868	117 372	122 837	71 211
1869	142 385	161 319	102 615
1870	152 608	169 951	86 252

[1]) S. Mechanic's Magazine 1869, Juli; R. Wagners Jahresbericht f. 1870, S. 50.
[2]) S. Engineering, April 1871; Dinglers Journal 200, S. 470.

Digitized by Google

Auf diese rasche Steigerung der Stahlerzeugung hatte die Einführung und das Wachstum der Flufsstahlfabrikation den gröfsten Einflufs. Die Zunahme der Flufsmetallerzeugung der wichtigsten Industriestaaten seit dem Jahre 1865 stellt sich wie folgt[1]):

Flufsmetallerzeugung von 1865 bis 1870 in Tonnen.

	1865	1866	1867	1868	1869	1870
Grofsbritannien	225 000	235 000	245 000	260 000	275 000	286 797
Deutschland mit Luxemburg	99 543	114 434	122 591	122 837	161 316	169 951
Frankreich	40 574	37 761	46 467	80 564	110 227	94 386
Österreich-Ungarn	3 879	8 607	8 275	11 053	18 727	28 991
Belgien	650	1 050	1 575	1 928	2 940	4 321
Schweden	5 000	7 000	9 000	13 500	13 150	12 193
Rufsland	3 871	3 932	6 271	9 327	7 200	8 647
Vereinigte Staaten	13 848	17 216	19 963	27 223	31 760	68 057
Zusammen	392 365	425 000	459 142	526 432	620 320	673 343

Fortschritte der Bearbeitung des Eisens 1861 bis 1870.

Mit den Fortschritten der metallurgischen Operationen gingen die der mechanischen Bearbeitung Hand in Hand. Die Massenstahlerzeugung verlangte auch für die Bearbeitung stärkere Maschinen und neue Einrichtungen. Auf der grofsen Weltausstellung von 1862 und noch mehr auf der von 1867 fiel dies sehr in die Augen. Man verarbeitete in den sechziger Jahren bereits Stahl in ebenso grofsen Blöcken als Schmiedeeisen. Da aber der Stahl viel härter und fester war wie das Eisen und nicht bei so grofser Hitze wie dieses verarbeitet werden durfte, so waren viel schwerere Hämmer und stärkere Walzwerke erforderlich als vordem. Dies erkannte keiner früher und klarer als Alfred Krupp, dessen Stahlwerk auch hierin alle andern Fabriken überflügelte und denselben zum Vorbild wurde. Am 16. September 1861 setzte Krupp seinen 1000 Centner-Hammer in Betrieb; ein bedeutungsvolles Ereignis in der Geschichte der Eisenbearbeitung; denn die schwersten Dampfhämmer vordem waren Kinder gegen diesen Kolofs. Die meisten Fachgenossen hatten den Kopf geschüttelt zu solchem Ungeheuer und man prophezeite alles mögliche Unheil von dem Betrieb desselben. Um so gröfser war Krupps Triumph, als der

[1]) Nach E. Schrödter, Düsseldorf, s. Stahl u. Eisen 1897, S. 338. Der bei weitem gröfste Teil des Flufsmetalls war Bessemerstahl.

Digitized by Google

Maschinist denselben mit derselben Leichtigkeit lenkte, voll aufschlagen und leicht tanzen liefs, wie jeden anderen Dampfhammer. Als wenige Wochen später König Wilhelm I von Preufsen mit dem Kronprinzen und dem Kriegsminister seinen denkwürdigen Besuch in der Kruppschen Fabrik machte, schmiedete „Fritz", so hiefs der gewaltige Hammer, einen Stahlblock von 7500 kg Gewicht und 15 Fufs Länge. Damals sprach der grofse König zu den Behörden und Deputationen der Stadt Essen die treffenden Worte: Ich bin erstaunt über die grofsartige Erweiterung dieses Etablissements, das neben seiner gewerblichen Bedeutung einen edlen vaterländischen Zweck hat.

Der russische Ingenieur Chernoff machte in den Jahren 1866 und 1868 auf den Obuchoff-Stahlwerken bei Alexandrowsky eine Reihe von Versuchen über die Verbesserung des Stahls durch mechanische Bearbeitung, insbesondere durch das Schmieden. Diese führten ihn zu folgender Theorie: Flüssiger Stahl ist als eine Lösung anzusehen, in welcher die Stahlatome in einem Eisenbade schwimmen. Bei der Abkühlung vereinigen sich die Stahlatome zu Krystallen, die um so gröfser sind, je langsamer und ruhiger die Abkühlung erfolgt. Rasches Abkühlen stört die Krystallisation, ebenso heftige Bewegung. Durch fortgesetztes Rühren oder Schütteln des Stahls wird ein feinkörniges, hartes Produkt erzeugt. Ebenso beruht die Wirkung des Hämmerns des heifsen Stahls, wodurch derselbe feinkörnig, hart, fest und zäh wird, darauf, dafs die Krystallisation durch die mechanische Einwirkung beim Übergang aus der Schweifshitze in Dunkelrothitze mehr oder weniger unterdrückt wird. Durch starkes Erhitzen und langsames Abkühlen wird dieser Zustand wieder aufgehoben oder wie man zu sagen pflegt, der Stahl verdorben. Diese Theorie der Wirkung der mechanischen Bearbeitung auf den Stahl fand grofsen Beifall.

Wir können nur kurz die wichtigsten Erfindungen und Fortschritte der Hüttenmaschinen in den sechziger Jahren aufzählen.

1860 wurde Lenoirs Gasmaschine bekannt[1]) und um dieselbe Zeit erregte Ericsons verbesserte kalorische Maschine allgemeines Interesse. — 1859 hatte man zuerst bei Mülhausen im Elsafs Drahtseiltransmissionen angewendet. — Dafs zu Anfang der sechziger Jahre Armstrongs hydraulische Akkumulatoren zu allgemeinerer Anwendung kamen, haben wir bereits erwähnt. Ebenso die vielfache Anwendung hydraulischen Druckes bei der Bessemerstahlfabrikation. 1863 verbesserte Haswell seinen hydraulischen Prefshammer und

[1]) Siehe Dinglers Journal 157, S. 323.

richtete ihn zum Schnellschmieden ein[1]). Auf der Londoner Ausstellung hatte er für seinen Prefshammer eine Medaille erhalten. Auf den Kirkstall-Eisenwerken wurde eine Haswellsche Presse für einen Druck von 1 550 800 kg erbaut[2]). 1863 stellte Franz v. Mayr zu Donawitz bei Leoben einen Haswell-Prefshammer zum Drücken von Schweifspaketen auf. Einen verbesserten Dampfhammer mit direktem Hochdruck und Expansion konstruierte Farcot 1860[3]). Krupps Riesenhammer blieb lange ein Unicum. 1865 wurde in England von Nasmyth & Co. auf dem Bolton-Eisenwerk zu Patricroft ein grofser Dampfhammer von 72 Tonnen Gewicht und 200 Tonnen schwerem Ambofs mit Chabotte fertig gestellt. 1865 baute R. Morrison seinen doppeltwirkenden Dampfhammer, bei dem das Gewicht der ganzen Maschine mitwirkte[4]). Um dieselbe Zeit erfand J. Ramsbottom seinen bereits angeführten horizontalen, doppeltwirkenden Dampfhammer.

1866 konstruierte F. Fischer einen Dampfzuschlaghammer. Charles Emmet in Dalton bei Huddersfield erfand einen selbstthätigen Dampfhammer mit besonderer Stellvorrichtung und federndem Gegengewicht, der gewöhnliche Schmiedearbeiten mit beliebiger Geschwindigkeit und Intensität ausführte. Nilus baute einen Dampfhammer mit reduzierter Bärhöhe und Luftkissen, J. Vaughan einen mit Luft- und Dampfkissen. Denselben Zweck hatte Bakewells beweglicher Cylinderdeckel. D. Grimshaw in Birmingham erfand den atmosphärischen Fallhammer mit Luftpumpe und geringem Kraftbedarf. Aus demselben Jahre stammt die verbesserte Schmiedemaschine (Gegenhammer) von J. Wright in Dudley[5]). Holiday erfand eine Schmiedemaschine für Eisenbahnräder[6]).

H. Bessemer bediente sich sehr wirksamer Schmiedepressen zur Bearbeitung grofser Gufsstahlmassen[7]). Bei denselben erfolgten die Pressungen so rasch wie die Schläge des Hammers.

Newton erhielt im November 1866 ein Patent auf eine Gesenkpresse für Scheibenräder nach dem System von J. Bl. Tarr. Nach Fr. Kuppelwieser erwiesen sich, sobald Matrizen angewendet werden

[1]) Siehe Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1863, VII.
[2]) Siehe Kerpely a. a. O. I, S. 230, Tab. VIII, Fig. 10, 11, 12.
[3]) Siehe Armengaud, Gén. industr. 1860, Oktbr., p. 169.
[4]) Siehe Pract. Mech. Journ. 1865, p. 260; Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1865, S. 632.
[5]) London Journ. of arts, April 1866, p. 216; Dinglers Journ. 181, S. 345.
[6]) Dinglers Journ. 182, S. 88.
[7]) Dinglers Journ. 182, S. 424

mufsten, Pressen zweckmäfsiger als Hämmer[1]). Aber auch für die Bearbeitung dicker Stahlmassen waren sie vorzuziehen, weil der Schlag des Hammers vorzugsweise nur auf die Oberfläche, der langsame Druck der Presse dagegen mehr nach innen wirkte.

Bei den auf der Pariser Weltausstellung 1867 vorgeführten Dampfhämmern war die selbstthätige Steuerung fast überall verlassen, namentlich hatte sich für die Bearbeitung schwerer Schmiedestücke die Handsteuerung besser bewährt. Dagegen versah man die Hämmer ohne selbstthätige Steuerung mit Entlastungsschiebern, weil die Umsteuerung ohne diese zu viel Kraft erforderte. Cavé ersetzte zuerst den schwer beweglichen Muschelschieber der Nasmythhämmer durch Doppelventile und führte die Luftprellung über dem Kolben ein. Den Ambofs machte man bei den grofsen Hämmern überall unabhängig von der Chabotte.

Kombinierte Chabotten aus Mauer- und Eisenwerk wendeten bei ungünstiger Bodenbeschaffenheit Schwarzkopf zu Neustadt-Eberswalde und R. Daelen zu Hörde an. Schwere gufseiserne Chabotten setzte man aus Teilen zusammen, weil ein einziges Gufsstück beim Erkalten leicht zersprang. Sehr grofse Chabotten wurden an Ort und Stelle eingeformt und gegossen.

Von neuen Konstruktionen im Jahre 1867 nennen wir einen doppeltwirkenden Dampfhammer von Thwaites und Carbutt in Bradford, einen kleinen Schnellhammer von Shaw und Justice in Philadelphia, einen pneumatischen Hammer von Lindahl und Runer zu Gefle in Schweden, einen kleinen für gewöhnliche Schmiedearbeit von T. G. Dawes in Wolverhampton. Erwähnung verdient ferner der Dampfhammer von J. F. Revollier zu St. Etienne. Farcots neuer Hammer arbeitete mit permanentem Unter- und starkem Oberdampf. Der neue Doppelhammer von Ramsbottom zu Crewe von 36 Tonnen Wirksamkeit war mit zwei horizontalen Dampfcylindern versehen, von denen jeder einen Bär trieb. Das Schmiedestück lag auf einem durch Hydraulik bewegten Wagen[2]).

Von späteren Konstruktionen erwähnen wir aus dem Jahre 1869 Prospers Krafthammer mit Federbewegung, Davies Kraftzuschlaghammer, Joys Krafthammer mit langem federndem Holzbalken nach Art der alten Reitel[3]). Die Idee, Fallhämmer mit Schiefspulver zu

---

[1]) Siehe Die Pressen und ihre Verwendung bei Verarbeitung des Eisens. Jahrbuch von Leoben etc. 1866, S. 166.

[2]) Mechanic's Magazine 18, S. 4.

[3]) Siehe Engineering 1869, S. 294; Dinglers Journ. 195, S. 415.

treiben, tauchte wieder auf, ebenso die Verwendung des Pendels bei Christian Thals Hammer[1]).

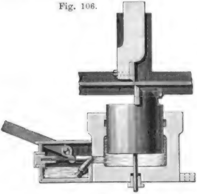
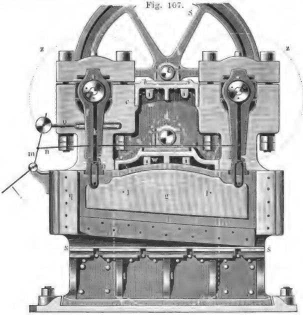


Fig. 106.

Den gröfsten Erfolg erzielte man aber durch die Verwendung des hydraulischen Druckes, der auch bei anderen Werkzeugen benutzt wurde. James Tangye[2]) konstruierte 1865 eine hydraulische Schere (Fig. 106) zum Zerschneiden von Stäben, Eisenbahnschienen u. s. w., die von einem Mann bedient wurde; desgleichen eine leicht transportabele hydraulische Lochmaschine. Von grofser Wichtigkeit für die Blech- und Plattenfabrikation war die Vervollkommnung der Parallelscheren, welche

Fig. 107.


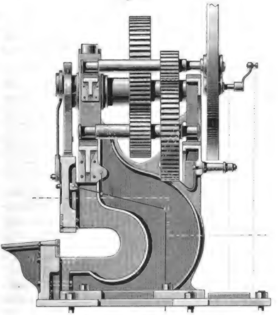
¹) Siehe Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1870, S. 308.

²) Siehe Revue universelle, 9ième année, III. livr., p. 522.

allgemeine Anwendung fanden. Fig. 107, 108 geben die Ansicht einer solchen Parallelschere[1]).

Rotierende Blechscheren erfanden Cavé in Paris und Borsig zu Neustadt am Rübenberge 1862; eine Blechschere zur Erzielung kreisrunder Schnitte konstruierte W. Gerscha 1865, und eine Kreisschere mit sich drehenden Stahlscheiben der Franzose Guinier. Eine grofse Schere mit hydraulischem Druck wurde in demselben Jahr auf Cromwells Eisenwerk bei Birmingham für die englische Regierung angefertigt. Sie arbeitete mit 1000 Tonnen Druck und zerschnitt kalte Eisenstangen von einem halben Fufs im Quadrat.

Fig. 108.



Die stärksten Maschinenkräfte kamen aber bei den Walzwerken, an welche ungeheure Anforderungen gestellt wurden, in Anwendung. Die Verarbeitung der schweren Stahlgüsse und die Fabrikation der Panzerplatten stellten Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Walzwerke, von denen man früher keine Ahnung gehabt hatte. Auch hierin schritt Krupp in Essen voran. In Verbindung mit der Einführung des Bessemerprozesses erbaute er 1863 ein riesiges Walzwerk zum Vorwalzen der Stahlblöcke und zum Walzen von Platten. Es wurde von einer Dampfmaschine von 1000 Pfdkr. getrieben und kam 1864 in Betrieb. Das Plattenwalzwerk war ein Trio, aus drei siebenfüfsigen Walzen bestehend. Das schon 1862 projektierte Walzwerk von 2000 Pfdkr. zur Herstellung von Panzerplatten kam damals noch nicht zur Ausführung. Die Fabrikation grofser Panzerplatten war aber bereits ein Bedürfnis geworden.

[1]) Vergl. Hauer, Hüttenwerksmaschinen, S. 584.

Digitized by Google

Werfen wir einen kurzen Blick auf die Entstehung und die Fortschritte der Verwendung der Panzerplatten.

Schwimmende Panzerbatterieen waren zuerst im Krimkriege gebaut worden und zwar hatte Napoleon III. dazu die Anregung gegeben. Er beauftragte 1854 den Ingenieur Guiesse mit dem Entwurf einer solchen und nach diesem waren fünf Stück mit einem 110 mm dicken Eisenpanzer und 20 cm starken Eisenrippen erbaut worden. Diese Panzerbatterieen erzielten bei der Beschiefsung von Kinburn am 17. Oktober 1854 einen glänzenden Erfolg. Die Panzerung von Seeschiffen wagte man damals noch nicht. Ende 1857 legte aber Dupuy de Lôme der kaiserlichen Regierung die Pläne für die Panzerfregatte La Gloire vor, deren Bau im März 1858 zu Toulon begonnen wurde; am 24. November 1859 lief sie vom Stapel. Damit begann die Verwendung von Panzerschiffen und die Panzerplattenfabrikation. Die Gloire war selbstverständlich ein Schraubenschiff; ihr Panzer, der 1 bis 2 m unter Wasser reichte, war 120 mm dick und gewährte Schutz gegen die glatten 68 Pfünder-Schiffskanonen. Im Mai 1859 wurde der Warrior, das älteste Panzerschiff der englischen Marine, auf Stapel gelegt; sein 114 mm starker Panzer bedeckte nur mittschiffs die Batterie und ging nicht ringsum, wie bei der Gloire. Erst einige Jahre später führte man die Panzerung um das ganze Schiff herum. Kaum hatten sich die Panzerschiffe gezeigt, so begann auch schon das Bestreben nach ihrer Vernichtung durch verbesserte Geschütze.

1859 baute man die französischen Panzerschiffe Magenta und Solferino mit eisernem Sporn. 1860 schlug der englische Kapitän Coles kegel- oder kuppelförmige gepanzerte Drehtürme, die über das Oberdeck herausragten, mit 2 starken Kanonen an Stelle der grofsen Zahl unwirksamer Geschütze vor. Mit dem für das englische Kriegsschiff Trusty von John Brown in Sheffield nach Coles Entwurf erbautem Panzerturm wurden 1861 zu Sheernefs günstige Schiefsversuche angestellt. Der berühmte schwedische Ingenieur Ericson baute bei Ausbruch des amerikanischen Bürgerkrieges den berühmten Monitor, der bis zum Verdeck in das Wasser versenkt werden konnte und einen cylindrischen Drehturm besafs. Obgleich nur eine schwerfällige, schwimmende Strandbatterie, vernichtete sie doch die Panzerfregatte Merrimac, den Stolz der Südstaaten.

Inzwischen hatte die Artillerie nicht gefeiert, sondern sich eifrig und mit Erfolg bemüht, die Durchschlagkraft der Geschütze und Geschosse zu erhöhen. Damit begann der Wettkampf zwischen Geschütz und Panzerung, der die grofsartigsten Leistungen auf beiden Seiten durch

Digitized by Google

Verstärkung der Panzerung und Erhöhung der artilleristischen Leistung hervorbrachte und der bis zum heutigen Tage fortdauert.

Die neue Art des Seekampfes hatte eine vollständige Umwälzung des Schiffsbaues zur Folge. Es entstanden die Kasemattschiffe, welche über dem Maschinenraum eine gepanzerte Kasematte hatten. Solche Schiffe waren zuerst der Ocean in Frankreich, Devastation und Thunderer in England. Eine weitere Folge war, dafs man den Holzbau endgültig aufgab und die Kriegsschiffe ganz aus Eisen baute. Bereits das zweite englische Panzerschiff, der Black Prince, war in dieser Weise ausgeführt worden. Die ungeahnten Erfolge Krupps im Geschützwesen zwangen zur Anwendung immer stärkerer Panzer. Noch waren diese ausschliefslich von Eisen. Die Fortschritte der Eisenindustrie gaben aber die Mittel an die Hand, die Eisenpanzer durch Stahlpanzer zu ersetzen, und dieser Übergang vollzog sich zum Teil noch in den sechziger Jahren.

Die Panzerplatten wurden anfangs geschmiedet, später ging man dazu über, sie zu walzen. Wie schon erwähnt, wurden sie zunächst nur aus Eisen hergestellt. John Arrowsmith nahm am 8. Dezember 1859 ein Patent für Herstellung von Panzerplatten durch Walzen und zwar walzte er erst Eisenplatten mit korrespondierenden Erhöhungen und Vertiefungen, bildete dann aus drei dieser Platten ein Paket, das er ausheizte und durch drei Kaliber zu schweren Platinen auswalzte. Mehrere dieser Platinen wurden zusammengefügt und in einem schweren Plattenwalzwerk mit horizontalen und vertikalen Walzen zu Panzerplatten ausgewalzt.

Am 25. Juli 1860 nahmen Ch. W. Lancaster, James Brown und J. Hughes ein Patent, Panzerplatten aus verschiedenen Lagen von weichem, sehnigem Eisen und von hartem Homogeneisen oder Stahl zu machen, die durch Hämmern und Walzen geschweifst und gestreckt wurden. Ganz dasselbe bezweckten die Patente von George Price vom 9. Oktober 1860. E. B. Wilson schlug bereits die Anwendung von Flufseisen oder Flufs- oder Gufsstahl vor. Er wollte würfelförmige Blöcke giefsen, die in Gesenken sehr starkem Druck ausgesetzt wurden. H. Bessemers Patent vom 1. Februar 1861 bezieht sich auf die Fabrikation von Panzerplatten aus Bessemerstahl. Er schlägt vor, dasselbe in flachen Formen, die der Gestalt der Panzerplatten entsprechen, zu giefsen. Man könne Lagen von hartem und weichem Metall übereinander, oder auch Bessemerstahl auf eine Eisenplatte, welche in die Form eingelegt wird, giefsen. Auch in Österreich waren bereits 1859 auf dem Eisenwerk

zu Zeltweg in Steiermark Panzerplatten von grofser Güte für die erste österreichische schwimmende Batterie „Feuerspeier“ angefertigt worden. Das steierische Eisen war dafür vorzüglich geeignet, nur fehlte es noch an den Maschinenkräften und Einrichtungen, um so grofse und starke Platten machen zu können wie in England.

In Frankreich erwarben sich besonders Petin und Gaudet, die auch schon die Platten zu dem ersten Panzerschiff La Gloire angefertigt hatten, grofse Verdienste um die Panzerplattenfabrikation. Ihr Verfahren wurde 1861 auch in England patentiert (Nr. 1825). John Napier machte im September 1861 den Vorschlag, entweder die Platten statt zu hämmern oder zu walzen, aus Lagen von Brammen oder Luppen durch starken hydraulischen Druck zu pressen, oder die Herstellung der gewalzten Platten dadurch zu beschleunigen, dafs man zwei Plattenwalzenpaare unmittelbar hintereinander aufstellt, so dafs die Platte gleichzeitig in beiden gewalzt wird. Das zweite Paar mufste der geringeren Dicke entsprechend schneller umlaufen.

Für die Panzerplatten waren die Kehr- oder Reversierwalzen, welche sich nach dem Durchgang der Platten in umgekehrter Richtung bewegten, von gröfster Wichtigkeit, weil das Überheben der schweren Stücke kaum möglich war. Hierfür erfand Alleyne ein verbessertes System, für das er am 4. April 1861 und am 26. April 1862 Patente nahm. Im allgemeinen erfolgte die Umkehrung der Walzendrehung entweder durch zwei Maschinen oder durch die Umsteuerung der Maschine oder durch das Fünfrädergetriebe, wobei das eine Mal die Übertragung durch drei Getriebe im Sinne des Motors, das andere Mal durch zwei Getriebe im entgegengesetzten Sinne oder auch durch Winkelräder, von denen bald das rechte, bald das linke mit dem rechtwinklig dazu umlaufenden Getriebe verbunden wurde, stattfand. Die Kuppelung geschah in Europa durch Klauen, in Amerika kamen dafür Friktionskuppelungen auf, die bald auch in Europa Anwendung fanden.

Eins der vollkommensten Walzwerke mit Umkehrung in England war das von Dawes zu Elsnar 1867 erbaute. Hier geschah die Umkehrung durch doppeltes Zahngetriebe und Klauenmuffen, während sie auf dem neuen Walzwerk zu Biskubitz in Oberschlesien durch Umsteuerung der Maschine erfolgte.

Die Burbacher Hütte hatte das erste Kehrwalzwerk in Deutschland eingeführt.

Auf der grofsen Weltausstellung in London 1862 erschienen die Panzerplatten zum erstenmal als Weltausstellungsobjekte und erregten begreifliches Aufsehen. Nach Tunners Bericht wurden dieselben in

Digitized by Google

England auf dreierlei Weise dargestellt. Erstens durch Schmieden, wie z. B. auf den Thames Iron Works in London, wo man aus Abfall- und altem Eisen erst Pakete von 1 bis $1^1/_2$ Centner schmiedete, die man zu immer gröfseren Stücken bis zu den fertigen Platten unter dem Hammer zusammenschweifste. Zweitens durch Walzen, wie z. B. in den Atlas Works in Sheffield, wo man die Pakete aus Platten von 1 Zoll Dicke, 12 Zoll Breite und 30 Zoll Länge zusammensetzte, bis man Platten von 120 Centner Gewicht unter Vor- und Rückwärtswalzen zusammengeschweifst hatte. Drittens durch Schmieden und Walzen, wie zu Codnor Park in Derbyshire, wo man zwei vorgeschnittene Platten unter dem Hammer zusammenschweifste, diese dann erhitzte und auswalzte.

Die meisten der ausgestellten Panzerplatten waren $4^1/_2$ Zoll dick, doch waren auch welche von $6^1/_2$ Zoll zu sehen. Sie wogen meist 30 bis 90 Centner das Stück, doch hatte das Mersey-Eisenwerk eine von 212 Centner Gewicht ausgestellt. — Auf dem Themse-Eisenwerk geschah das Verschmieden mit 100 Centner-Hämmern, das Ausschmieden der Platten mit 200 bis 400 Centner-Hämmern.

John Browns Panzerplattenwalzwerk auf den Atlaswerken zu Sheffield galt 1862 für mustergültig. Zum Schweifsen der grofsen Pakete hatte man sehr grofse Schweifsöfen, die gleichsam aus zwei aneinandergebauten Schweifsöfen, deren Hinterwände herausgenommen waren, bestanden. Das Ausziehen des 120 Centner schweren Schweifspaketes geschah leicht und rasch durch die Walze selbst, indem eine Zugzange an einer Kette, die um die Walze geschlungen war, ähnlich wie bei einem Schleppzug, das Paket auf einen Wagen und mit diesem zu der Walze zog. Die Walzen hatten grofse Durchmesser und kleine Winkelgeschwindigkeit und liefen vor- und rückwärts. Der Paketwagen war auf seiner Tragfläche mit Friktionsrollen versehen, dadurch konnten vier bis sechs Arbeiter die schweren Platten leicht vorschieben. Die gewalzten Platten waren leichter und billiger herzustellen als die geschmiedeten.

Um die Panzerplatten anzufertigen, wurden bei John Brown & Co. in Sheffield erst Platten von 30 Zoll Länge, 12 Zoll Breite und 1 Zoll Dicke gewalzt. Fünf derselben wurden zu einem Paket vereinigt, das schweifswarm zu Platten von 4 Fufs Quadrat ausgewalzt wurde. Aus diesen wurden unter Bildung eines neuen Paketes in ähnlicher Weise Platten von 8 Fufs Länge, $4^1/_2$ Fufs Breite und $2^1/_2$ Zoll Dicke hergestellt. Vier solcher wurden dann aufeinandergelegt, schweifswarm gemacht, mit der oben beschriebenen Kettenzange

rasch unter die Walzen gebracht und zu einer fertigen Panzerplatte ausgewalzt. Dieselbe wurde dann auf eine horizontale Abrichtplatte gebracht und durch Darüberrollen schwerer Walzen geebnet.

Panzerplatten von $4^1/_2$ und 5 Zoll Stärke waren ausreichend, solange man nur mit gewöhnlichen gufseisernen Kugeln schofs. Als aber die Stahlgeschosse aufkamen, erwiesen sie sich als ungenügend und mufste man die Platten in den folgenden Jahren immer dicker, 5, 7, 8, zuletzt 12 Zoll dick machen. 1868 walzten John Brown & Co. Platten von 15 Zoll Dicke für eisengepanzerte Forts. Anfang September machte er sogar eine Platte von 20 Fufs Länge, 4 Fufs Breite und 21 Zoll Dicke, die 21 Tonnen wog. Es läfst sich hieraus ermessen, welche starke Maschinen verwendet wurden.

Das Plattenwalzwerk von Charles Camel & Co. in Sheffield, welches Ulrich, Aust und Jänisch 1868 beschrieben haben, hatte eine Maschine von 400 Pferdekräften mit einem Schwungrad von 1000 Centner.

Die Panzerplattenfabrikation war es aber nicht allein, welche die grofsen Fortschritte in der Walzwerktechnik veranlafste; die immer zunehmende Verwendung des Bessemerstahls für die Eisenbahnschienen, die Herstellung der Radreifen aus Bessemerstahl und Gufsstahl, besonders aber auch die Herstellung immer gröfserer und kühnerer Profile des Formeisens trug nicht weniger hierzu bei. Der Schiffsbau und der Brückenbau erforderten zahlreiche neue Formen von Walzeisen. Hiervon waren viele in der Ausstellung von 1862 zu sehen.

Neue und absonderliche Walzprodukte waren die fertig gewalzten Kettenglieder mit 2 oder 3 Augen, welche von Howard, Ravenhill & Co. zu Rotherhithe bei London bis zu 18 Fufs Länge und 6 Centner Gewicht in sogenannten Collarwalzen hergestellt wurden; ferner „Tapereisen“, Keileisen von zunehmender und abnehmender Stärke, welches zwischen Walzen, die während des Umganges sich näherten und entfernten, was durch Heben der Oberwalze geschah, gewalzt wurde. Solches hatten die Mersey-Eisenwerke ausgestellt. Die veränderte Stellung der Oberwalze wurde durch den Druck von Wasser, als nicht elastischer Flüssigkeit, bewirkt.

Sodann waren vom Butterley-Eisenwerk 3 Fufs hohe Girders, Doppel-**T**-Träger, ausgestellt, die aber aus 2 **T**-Schienen und einem Flacheisen in der Weise hergestellt waren, dafs Leisteneisen dazwischen gelegt und dann Stück für Stück im Schweifsfeuer erhitzt und zwischen Doppelhämmern auf beiden Seiten zugleich geschmiedet wurde. Das Butterley-Eisenwerk bei Alfreton in Derbyshire hatte gewalzte **I**-Träger

Digitized by Google

von 3 Fuſs Höhe, 12 Zoll breitem Kopf und Fuſs und 30 bis 60 Fuſs Länge ausgestellt, ferner eine Eisenbahnschiene von 117 Fuſs Länge und $5^1/_4$ Zoll Höhe.

Groſsartig war die Ausstellung von Façoneisen zu Paris im Jahre 1867. Welcher Reichtum von Profilen für Walzeisen zu allen möglichen Zwecken bereits entstanden war, ist aus E. Mäurers „Die Formen der Walzkunst, 1865“ zu ersehen. Von neuen Formen erwähnen wir gewundenes Kreuzeisen zu Säulen (fer à croix tors), welches in Frankreich aufgekommen war; Z-Eisen, welches in geringer Dimension zuerst in England, in groſsen Dimensionen von Ingenieur Flamm 1862 auf der Burbacher Hütte bei Saarbrücken gewalzt wurde. F-Eisen wurde zuerst zu Eschweiler-Aue und Rothe Erde bei Aachen fabriziert.

Die gröſste Bewunderung erregten aber mit Recht die vortrefflichen Leistungen der Walzwerke in I-Eisen. 1862 waren noch die höchsten in England hergestellten Schienen von 40 cm Höhe aus drei Teilen zusammengesetzt. Das Eisenwerk zu Montluçon in Frankreich stellte einige Jahre später bereits I-Eisen von 50 cm Höhe, welche fertig aus den Walzen kamen, her. Auf der Pariser Ausstellung 1867 hatten zwei Gesellschaften, die Compagnie von Chatillon und Commentry und die berühmte Firma Petin, Gaudet & Co. ebensolches I-Eisen von 1 und 1,1 m Höhe ausgestellt. Die von den Letztgenannten gelieferten Träger waren dabei 10 m lang. Sie wurden durch ein besonderes Walzverfahren zwischen horizontalen und vertikalen Walzen, deren Achsen in einer Vertikalebene lagen und nach jedem Durchgang gestellt wurden, bis sie beim letzten Durchgang ein geschlossenes Profil von der gewünschten Form bildeten, hergestellt. — Gröbere L- und U-Eisen wurden bereits ziemlich allgemein mittels Universalwalzwerken dargestellt.

Ch. Martin hatte schon 1860 mit 3 Walzen, deren Achsen in Winkel von je 60° gestellt waren, T-Eisen gewalzt (Engl. Pat. 2101).

Creusot und Dupont & Dreyfuſs zu Ars-sur-Moselle zeichneten sich durch eine reiche Ausstellung schöner kleiner Profile von Formeisensorten aus. Letztere stellten Façoneisen von 550 verschiedenen Profilen dar und hatten eine Jahresproduktion von 20 Mill. Kilogramm.

Über die Kalibrierung der Walzen veröffentlichte P. Tunner 1867 eine empfehlenswerte Schrift, ebenso R. Daelen 1870.

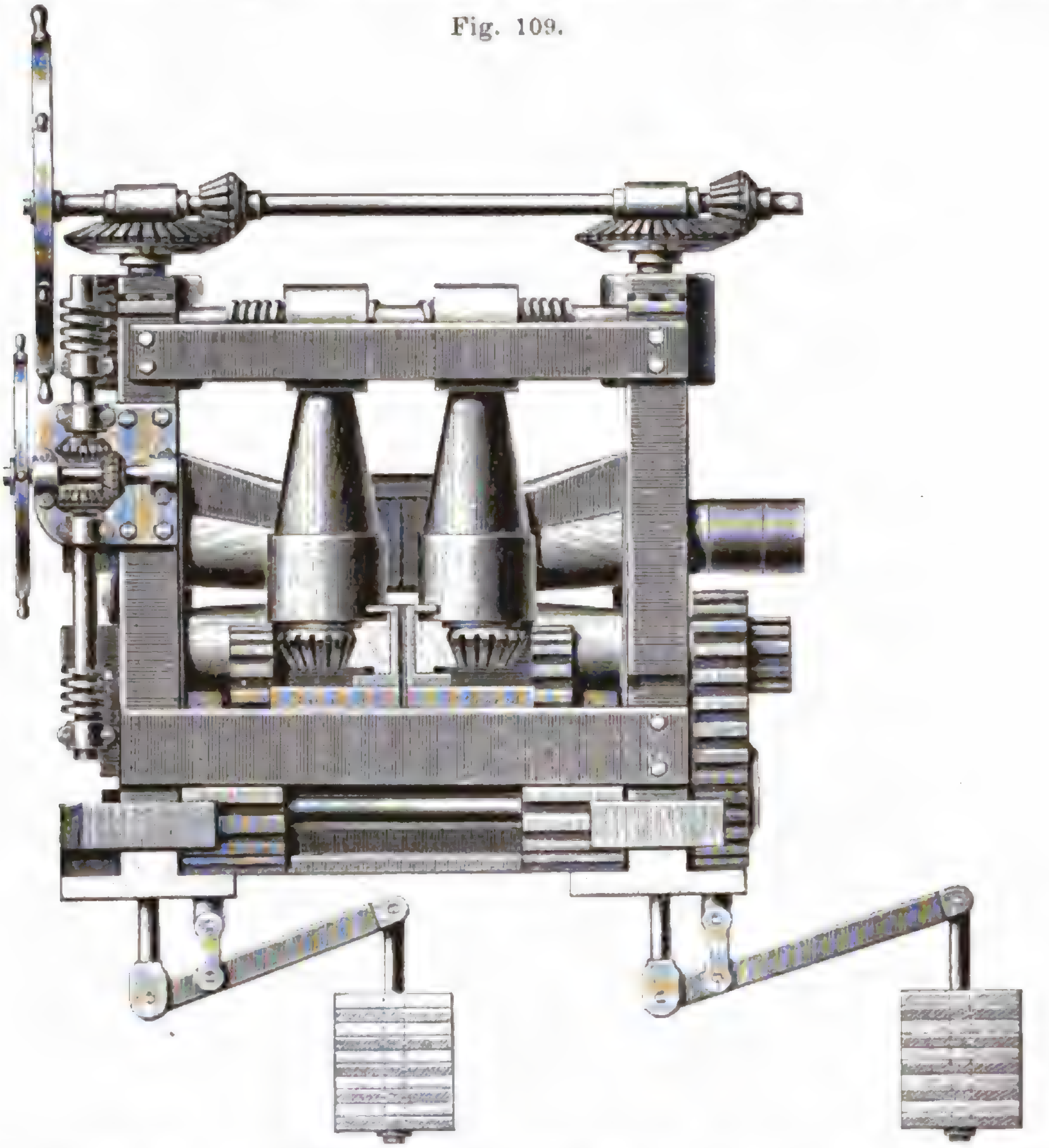
Petin, Gaudet & Co. hatten auch Kesselbleche von ungewöhnlichen Gröſsen ausgestellt, so eine Platte von 64 Fuſs Länge, 5,2 Fuſs Breite und 4,37 Linien Dicke. Hörde hatte eine ähnliche von 44 Fuſs Länge, 5,2 Fuſs Breite und 10 Linien Dicke. Low-Moor hatte Kessel-

bleche mit verstärkten Rändern, die nach dem patentierten Verfahren von Alton hergestellt waren, ausgestellt.

Diese und noch viele andere Muster legten Zeugnis ab für die grofsen Fortschritte der Walztechnik.

Bei den Kesselblechwalzen waren durch Dampf getriebene Überhebvorrichtungen schon Anfang der sechziger Jahre allgemein

Fig. 109.



angewendet. In Deutschland zeichneten sich die von Borsig[1]) und Daelen[2]) konstruierten aus.

Krupps Walzenstellung wurde durch Schrauben, die durch Zahnräder gedreht wurden, welchen wieder eine Schraube ohne Ende eine gleichmäfsige Bewegung erteilte, bewirkt.

Eine grofse Wichtigkeit erlangten die Universalwalzwerke

---

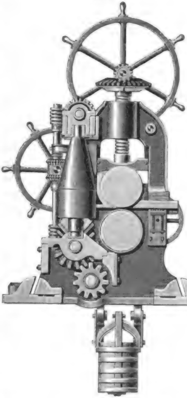
[1]) Zu Neustadt in Hannover, siehe Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1860, Nr. 18.

[2]) Siehe Polytechn. Centralblatt 1860, Nr. 10.

Digitized by Google

nicht nur bei der Panzerplattenfabrikation, sondern auch für Formeisen. So walzte Daelen zu Hörde auf seinem neuen Universalwalzwerk 1864 Winkeleisen[1]). In Frankreich liefsen sich Isaac Dreyfufs in Paris 1860 und Franquinet-Delloye 1861 Universalwalzwerke patentieren. Marcel Frères[2]) in Rive-de-Gier hatten 1867 das Modell eines verbesserten Universalwalzwerks in Paris aufgestellt, desgleichen Wagner[3]). Das neue Universalwalzwerk zu Hörde hatte 3 horizontale Walzen übereinander, aber nur 2 vertikale. Fig. 109, 110 stellen das in Österreich verbreitete Universalwalzwerk von Wagner in Mariazell dar. Die horizontalen und vertikalen Walzen waren durch Schrauben und Radgetriebe verstellbar.

Fig. 110.



Das Princip der Beschleunigung des Walzens durch die Aufstellung mehrerer Walzenpaare hintereinander wurde 1860 von M. Bonnor, 1861 von While in Dowlais und von John Napier zu Glasgow und 1863 von W. Taylor angewendet.

Zum Walzen von Blechen und Façoneisen wendete man kräftigere Walzwerke mit schnellerem Gang an, wodurch man 1867 in Frankreich Bleche bis zu 1 mm Dicke in einer Hitze auswalzen konnte, während man früher 2 bis 3 Hitzen nötig hatte. Dadurch stellten sich die Selbstkosten und die Verkaufspreise niedriger.

---

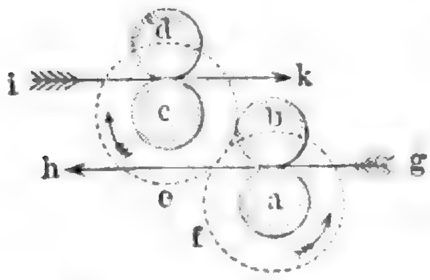
[1]) Siehe Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing., S. 261; Kerpely, Fortschritte I, S. 232, T. IX.

[2]) Siehe Knut Styffe a. a. O., Tab. III.

[3]) Siehe Rittingers Erfahrungen 1867, S. 4.

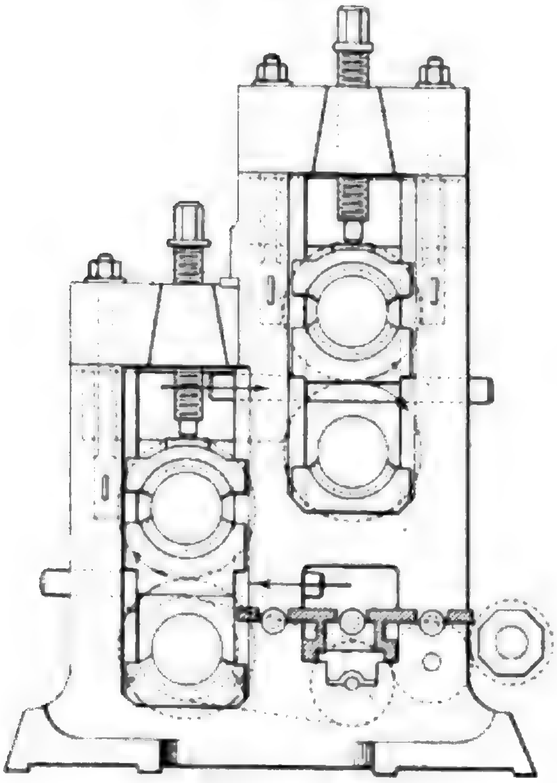
Die gröfsten Leistungen in dieser Richtung wurden aber bei der Schienenfabrikation erzielt. Das Fertigwalzen einer Schiene erforderte in Dowlais 1865 nicht mehr als $^5/_4$ bis $1^1/_2$ Minuten an Zeit. Man machte 300 Schienen in der Schicht aus 8 bis 10 Schweifsöfen (Ulrich). Man verwendete zum Verwalzen der Pakete von Schienen und grobem Façoneisen ebenfalls Umkehrwalzen. In Dowlais waren ferner zur Beschleunigung vier Schienenwalzen in zwei Doppelständen, Fig. 111, 112, gelagert.

Fig. 111.



Die Herstellung der Eisenbahnschienen aus Bessemerstahl, welche John Brown in Sheffield und Ramsbottom in Crewe im Jahre 1861 begonnen hatten, nahm von Jahr zu Jahr zu. Die Schienen aus Bessemerstahl erwiesen sich nicht nur den Schienen aus Puddeleisen, sondern auch den Schienen mit angeschweifstem Stahlkopf oder mit cementiertem Kopf weit überlegen. Ausschlaggebend für ihre allgemeine Verwendung waren die berühmten Versuche von Ramsbottom, welcher Bessemerschienen in dem aufserordentlich stark befahrenen Bahnhof in Crewe einlegte. Während man dort alle vier Monate eine Schiene auswechseln mufste, weil die beiden Laufflächen der Doppelkopfschiene abgelaufen waren, hielt die Bessemerschiene $3^1/_2$ Jahre, und wurde nur wegen Umbau des Bahnhofs abgelegt. Zu Chalk-Farm bei London, wo man eine Bessemerschiene in das befahrenste Geleise neben einer Eisenschiene eingelegt hatte, hielt dieselbe 23 Laufflächen von letzteren aus. Bis Ende 1861 verlegten bereits sieben englische Eisenbahngesellschaften Bessemerschienen.

Fig. 112.



Anfangs stellte man für jede Schiene einen Ingot dar. Bald aber gofs man die Stahlblöcke so grofs, dafs man zwei oder selbst vier Schienen aus einem Block walzen konnte. Dies geschah in Österreich und auf mehreren englischen Hütten direkt ohne Vorschmieden, während man in Deutschland und Frankreich die Blöcke erst schmiedete

Digitized by Google

und dann in einer zweiten Hitze auswalzte. Allgemein brauchte man 1867 nur 2 Hitzen, während man 1862 zu Sheffield noch 4 nötig gehabt hatte. Man benutzte kräftige Walzwerke von 150 Pferdekräften. In Bochum gofs man 1867 die Blöcke 1150 kg schwer für 4 Schienen, walzte die überschmiedeten Blöcke in Stangen von einem halben Fufs im Quadrat, die man in 4 Stücke zersägte und dann auf einer Walzenstrafse von 200 Pferdekräften und mehr auswalzte. Das Schienenwalzwerk von John Brown in Sheffield hatte 1867 eine Dampfmaschine von 400 Pferdekräften, die mit 60 Pfund Dampfdruck arbeitete. Das neue Schienenwalzwerk zu Dowlais wurde 1868 von 2 Balanciermaschinen von 800 Pferdekräften getrieben. Von schmiedeeisernen Schienen mit Stahlköpfen kam man um so mehr ab, je billiger der Bessemerstahl hergestellt wurde.

Ein neues wichtiges Absatzgebiet für die Walzindustrie begann sich dadurch zu eröffnen, dafs man versuchte, bei dem Eisenbahnunterbau die Holzschwellen durch Walzeisen zu ersetzen.

Der Engländer Barlow war der erste, der lange sattelförmige Laschen (Längsschwellen), die kontinuierliche Lastträger bildeten, direkt auf die Kiesbettung des Eisenbahndammes legte und sie mittels eiserner Querverbindungen in der richtigen Spur hielt. Dieser Barlowsche Oberbau war 1862 auf der Londoner Weltausstellung zu sehen. Die Barlowschiene bewährte sich aber in der Praxis nicht. Hierauf wurden andere Vorschläge von Scheffler und Heusinger in Deutschland, von Köstlin und Balting in Wien und von Mazilier in Paris gemacht. Eiserne Querschwellen wurden 1864 mit Erfolg in Belgien angewendet. In demselben Jahre schlug Geheimer Baurat Hartwich ein System vor, welches dem von Barlow ähnlich war. Schiene und Schwelle bestanden auch hier aus einem Stück, aber er machte seine Schiene 11 Zoll hoch statt sonst 5 Zoll. Durch die doppelte Höhe erreichte er die doppelte Tragfähigkeit und brauchte die Schiene nur in den vierfachen Abständen zu unterstützen.

Auf der Pariser Weltausstellung konnte man die verschiedenen vorgeführten eisernen Schwellen für den Eisenbahnoberbau bereits in drei Klassen einteilen. 1. Isolierte Schwellen in Glocken- oder Plattenform, sogenannte Glockenstühle. Solche waren auf der Bahn von Kairo nach Alexandria angewendet worden, hatten sich aber nicht bewährt. 2. Längsschwellen, wie die oben angeführten. Hiervon gab es viele Systeme, die aber alle wieder verlassen worden waren. 3. Querschwellen, die ähnlich wie die Holzschwellen gelegt wurden. Diese waren auf der Bahn von Sclessin nach Lüttich in Anwendung

Digitized by Google

und hatten sich gut bewährt. Dieses belgische System hiefs Système des hauts fourneaux, usines et charbonages de Sclessin près Liège[1]). Weitere Systeme auf der Pariser Ausstellung waren von G. E. Dering in Lockleys, Welwyn, Le Langlois de Dreux, Paris; J. Vautherin in Fraisans, Griffith & Co., welches auf der London und North-Western-Eisenbahn versuchsweise angewendet wurde, und von Harel & Co.[2]). 1868 wurde ein von Rochufsen in Hörde erfundener Oberbau auf einer längeren Strecke der Braunschweiger Bahn gelegt.

Gufsstahl wurde mit Vorliebe für Radbandagen (Tyres) verwendet und hatte namentlich Krupp darin eine grofsartige Produktion (35 bis 40 Tausend Stück im Jahr). Nachdem festgestellt war, dafs die Leistung von Lokomotivrädern und von Eisenbahnwagenrädern aus Gufsstahl zu denen aus gepuddeltem Feinkorneisen sich wie 3,8 : 1 und 2,4 : 1 verhielt, erliefs das preufsische Handelsministerium an alle Staats- und unter Staatsaufsicht stehenden Privatbahnen die Weisung, „dafs Gufsstahlradreifen für die Folge bei Lokomotiven und Personenwagen ausschliefslich angewendet werden sollen“[3]).

Camel & Co. in Sheffield und das Bochumer Gufsstahlwerk stellten die Radkränze aus einem massiv gegossenen Stahlcylinder von $1^1/_3$ Fufs Durchmesser, der mittels einer eigentümlichen Dreh- und Schneidevorrichtung in gewissen Abständen so tief eingeschnitten wurde, dafs man mit Keilen die einzelnen Scheiben abtrennen konnte, her. In diese wurde heifs mit einem stumpfen Stahl ein Loch eingeprefst, welches sofort durch Schmieden erweitert wurde, worauf die Räder auf dem von Jackson, Petin und Gaudet[4]) erfundenen Kopfwalzwerk fertig gewalzt wurden. Die so hergestellten Bandagen sollten dem Auseinanderspringen den dreifachen Widerstand gegen die aus gegossenen Ringen oder hohlen Cylindern hergestellten entgegensetzen[5]).

Bei der Fabrikation ungeschweifster Tyres aus Puddeleisen oder Puddelstahl wurden ebenfalls Ringpakete gebildet. Bramwell und Owen nahmen am 1. Mai 1861 ein Patent auf ein Verfahren, auch Schienen, Stäbe, Platten, Cylinder, Achsen u. s. w. aus Ringpaketen zu machen. Die betreffenden Gegenstände wurden als Ringe von

---

[1]) Beschrieben in Armengauds Gén. industr. April 1867, S. 181.
[2]) Siehe Dinglers Journ. 185, S. 264.
[3]) Siehe Wedding, a. a. O. III, S. 832.
[4]) Siehe Engineering 1870, S. 414; Dinglers polyt. Journ. 200, S. 90.
[5]) Siehe Knut Styffe, Bericht über die neuesten Fortschritte im Eisenhüttenwesen etc. 1867, S. 43.

Digitized by Google

entsprechender Gröfse gewalzt, diese wurden dann heifs durchgeschnitten und gerade gerichtet.

Die Ringpakete wurden entweder aus spiralförmig aufgerollten Stäben hergestellt, wie es z. B. zu Montataire in Frankreich und zu Bleanavon in England geschah, oder sie wurden radial aus Stäben zusammengesetzt, oder nach einer aus beiden kombinierten Methode hergestellt.

Fig. 113.

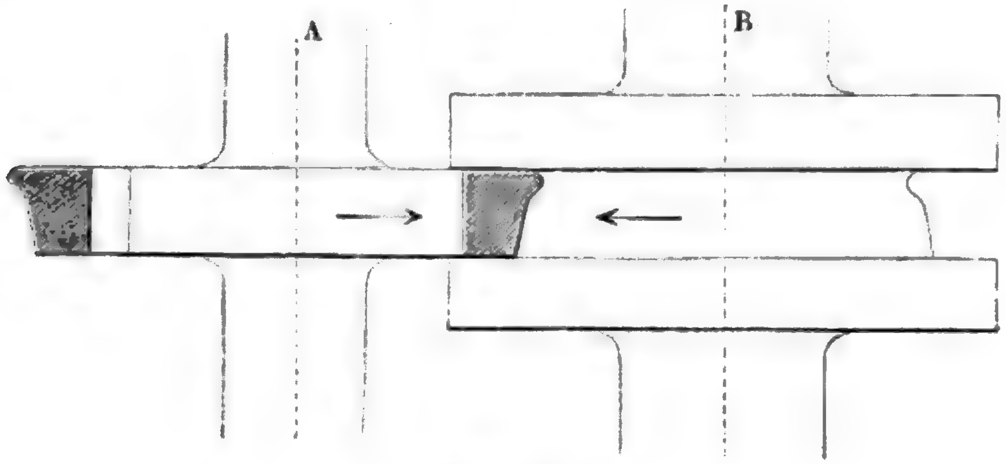
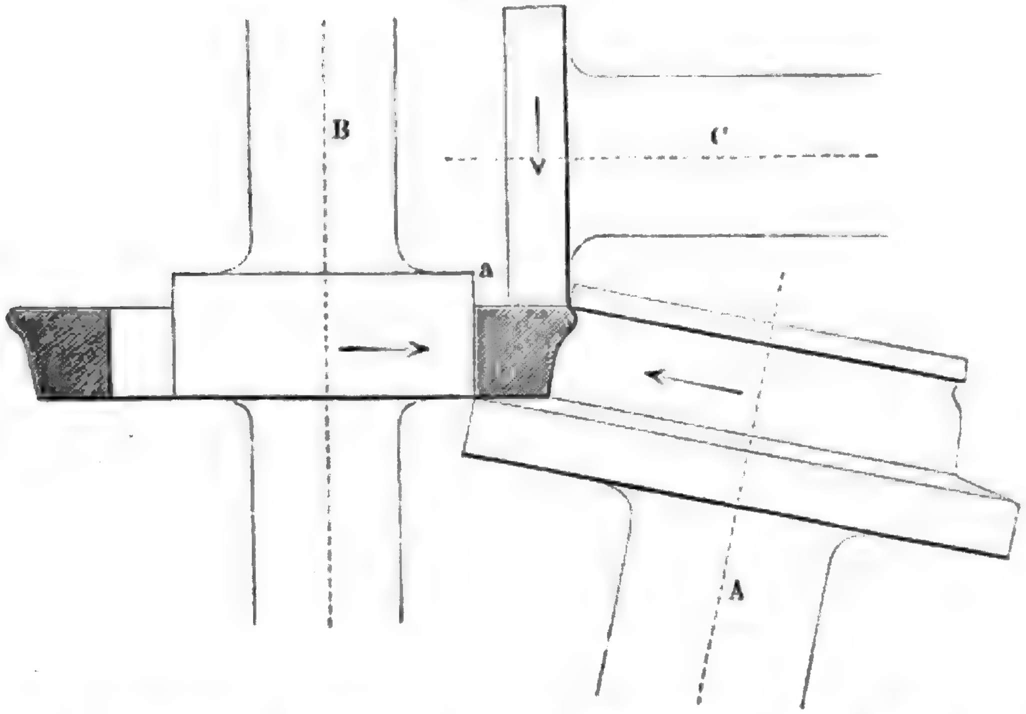


Fig. 114.

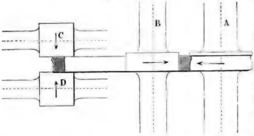


Die Kopfwalzen erlangten grofse Wichtigkeit für diese Art der Fabrikation und wurden verschiedene Kopfwalzensysteme erfunden. Bei diesen mufsten die Walzen verstellbar sein, so dafs sie nach jeder Umdrehung durch Zusammenpressen enger gestellt werden konnten. Das Strecken der Ringe erforderte weit gröfsere Kraft als die freie Streckung, weshalb diese Walzwerke sehr stark, meist für 250 bis 350 Pfdkr., gebaut sein mufsten. Das Stauchen geschah entweder durch

Digitized by Google

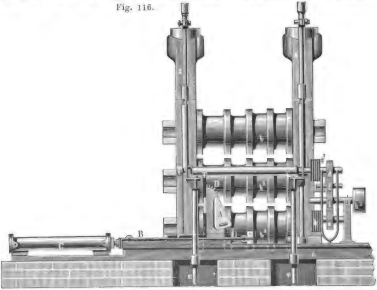
ein zweites rechtwinkelig zum ersten gelagertes Walzenpaar, wie beim Universalwalzwerk, oder das Kaliber selbst war aus zwei, drei oder vier Walzen gebildet [Fig. 113, 114 (a. v. S.), 115], welche z. B. in der nebengezeichneten Weise wirkten.

Fig. 115.



Am meisten Verbreitung hatte das bereits erwähnte Kopfwalzwerk von **Petin und Gaudet**, welches schon 1855 in England patentiert worden war (Nr. 1940), gefunden. Bei dem neuen Kopfwalzwerk zu Neuberg in Steiermark wurden 1869 die Bandagen in vertikaler Stellung gewalzt. Die Bewegung der Oberwalze wurde durch hydraulischen Druck ausgeführt. Der Umtrieb

Fig. 116.



geschah durch eine Zwillingsdampfmaschine ohne Schwungrad mit **Stephensons** Coulisse zur Reversion und mit variabler **Meyerscher** Expansion; sie war von **Sigl** in Wien gebaut und leistete bei 6 Atmosphären Dampfdruck 900 Pferdekräfte.

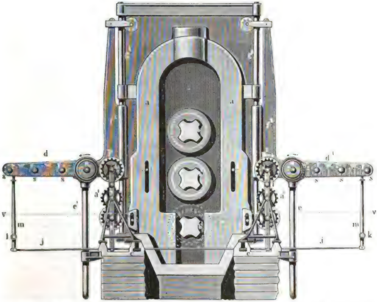
Für das Vorwalzen der Gufs- und Bessemerstahlblöcke wendete

Digitized by Google

man vielfach die von dem Amerikaner Fritz erfundenen, von Holley mehrfach verbesserten Triowalzen mit Speisetisch an, welche in den Fig. 116, 117, 118 (a. f. S.) dargestellt sind.

Spencer und Corkindale hatten (1867) auf dem Phönix-Eisenwerk zu Coatbridge, Schottland, ein Walzwerk mit Sicherheitsdruck, um Brüche unmöglich zu machen, erbaut. Die Walzen wurden durch Gegengewichte in ihrer Lage gehalten und konnten ausweichen, wenn der zulässige Druck überschritten wurde. Für denselben Zweck hatte

Fig. 117.



man sonst Brechspindeln, die bei einem gewissen Überdruck brachen. Diese ersetzte J. Ramsbottom 1865 durch eine Friktionskuppelung (Pat. Nr. 375).

Bei den Reversiermaschinen liefs man die Schwungräder oft ganz weg[1]). John Ramsbottom, der sich grofse Verdienste um die Walzenmaschinen erwarb, hatte 1865 zu Crewe ein starkes Kehrwalzwerk ohne Schwungrad erbaut, welches durch einen hydraulischen Apparat gesteuert wurde[2]). Dasselbe machte ohne Schwierigkeit

[1]) Vergl. Vortrag von R. Daelen jun. über Walzen mit Zwillingsmaschinen ohne Schwungrad. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1868, S. 154.

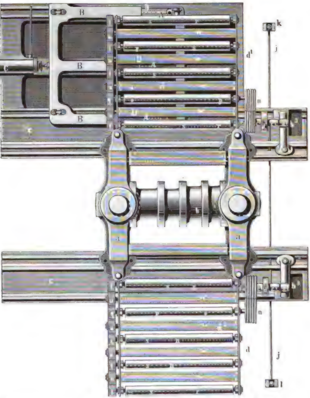
[2]) Patente vom 13. April 1863 (Nr. 924) und vom 16. März 1865 (Nr. 736). Abbildung in Institutions of Mechanical Engineers, Juli und August 1867.

Digitized by Google

70 Umläufe in der Minute. Der Dampfkessel diente als Kraftsammler an Stelle des Schwungrades. Das Stellen der Walzen und das Heben der schweren Platten geschah durch hydraulischen Druck.

In Hörde bewährte sich das Walzen mit Zwillingsmaschine ohne Schwungrad insofern nicht, als der Dampfverbrauch ein zu großer

Fig. 116.



war. Man ersetzte deshalb das Reversierwalzwerk durch ein Triowalzwerk. Dasselbe geschah in Denain und d'Anzin in Frankreich.

Lauth in Birmingham konstruierte Walzwerke, bei denen zwischen den gewöhnlichen Walzen schwächere Walzen auf beiden Seiten eingelegt waren, welche das Walzstück beim Vor- und Rückgang passieren mußte. Dadurch wurde dem Walzer ein großer Teil der Last abgenommen und die Arbeit so sehr gefördert, daß zwei kräftige Walzer dreimal soviel fertig machen konnten wie früher. Die Darlaston Stahl-

Digitized by Google

und Eisengesellschaft hatte dieses Verfahren auf ihrem Werk in Süd-Staffordshire 1868 eingeführt und war damit sehr zufrieden. Ramsbottom kam 1868 wieder auf die alte Konstruktion von John Wilkinson im Anfang des Jahrhunderts zurück, indem er ein oscillierendes Walzwerk (cogging mill) aus grofsen Cylindersegmenten herstellte [1]). Er verwendete es als Stahlblockwalze.

Gute Abbildungen wichtiger englischer Walzwerke findet man in der Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preufsischen Staate von 1869; es sind das neue Bessemerwalzwerk zu Dawlais (Taf. I u. II), das Schienen- und Plattenwalzwerk von John Brown in Sheffield (Taf. III), das Blechwalzwerk zu Crewe (Taf. III), die Rohschienenwalzwerke zu Cyfartha (Taf. IV) und zu Rhymney (Taf. V), sowie das Panzerplattenwalzwerk und der Grundplan des Puddel- und Walzwerks zu Rhymney (Taf. V).

Eine grofse Förderung der Schweifsarbeit wurde durch die Einführung der Siemens-Regeneratorfeuerung herbeigeführt.

Eine eigentümliche Art zu schweifsen erfanden 1868 J. Harris und V. Pendred, indem sie einen Horizontaldoppelhammer konstruierten, vermittelst dessen sie grofse Stücke im Innern des Schweifsofens zusammenschweifsten [2]).

Bei der Herstellung von Stahlröhren für Gewehrläufe ohne Schweifsnaht wurden die massiv gegossenen Stahlbarren stark überschmiedet, um das krystallinische Gefüge zu zerstören und dann durch Tempern weich gemacht. Sie wurden dann der Länge nach durchgebohrt, an den Enden konisch abgedreht, dafs sie durch das Ziehloch konnten, worauf das Ziehen wie gewöhnlich begann. Nach dreimaligem Ziehen mufsten sie in Thonmuffeln geglüht werden, um ihnen die Sprödigkeit zu nehmen.

Das Walzen schmiedeeiserner Röhren war besonders in England im Schwung. Englische Röhren von 15 Zoll Durchmesser waren auf der Pariser Ausstellung zu sehen. Neue Verwendungen für derartige Röhren waren durch die in London eingeführte Rohrpost und durch die Verwendung für Kolbenstangen und Wellen veranlafst. Kefsler fertigte (1864) schmiedeeiserne Röhren in der Weise, dafs er Pakete aus Schienen von segmentförmigem Querschnitt bildete, sie im Innern mit feinem Quarzsand ausfüllte, die Enden mit eisernen Stöpseln verschlofs und sie dann auswalzte. — Hawksworth und Harding stellten Stahl-

[1]) Siehe Jahrbuch von Leoben 1869, Tab. II u. III.

[2]) Siehe Mechanics Magazine 1869, Vol. 90, p. 157; Berggeist 1869, S. 136, Engl. Patent Nr. 2177.

röhren nur durch Ziehen dar, indem sie einen Cylinder von weichem Stahl herstellten und diesen wie bei der Blei- und Kupferröhrenfabrikation über einen Dorn durch Zieheisen zogen. Das geschah mittels hydraulischer Pressen. Zur Röhrenfabrikation wendete man meist Bessemereisen an.

Das erste Stahlschiff wurde 1865/66 in Nyköping in Schweden auf englische Rechnung erbaut. Die ersten drei Eisenbahnbrücken aus Flufsstahl wurden 1863 bei Maestricht von Sterkmann, im Haag von John Brown und in Sheffield erbaut. 1865 baute man in Schweden eine Stahlbrücke und zwar über den Götha-Elf auf der Gothenburg-Stockholmer Eisenbahn auf der Nebenstrecke nach Undewella. Sie hatte zwei Träger Paulischen Systems, 42 m Spannweite und war aus Puddelstahl auf dem Walzwerk Surahammer angefertigt[1]). In demselben Jahr baute Worthington eine Eisenbahnbrücke über den Sankey-Kanal mit Blechträgern aus Bessemerstahl.

Ganz aus Stahl war die Brücke, die bei der Pariser Ausstellung 1867 den Quay d'Orsay mit dem Marsfeld verband.

Die gröfste Bedeutung erlangte der Stahl in dieser Periode für die Waffenfabrikation, insbesondere für die Geschütze. Ehe wir hierzu übergehen, müssen wir noch einiges über die Herstellung der rohen Stahlblöcke, wovon bei den Fortschritten des Bessemerns allerdings schon die Rede war, anführen.

Eine der gröfsten Schwierigkeiten bei der Gufs- und Flufsstahlfabrikation war die Herstellung blasenfreier Güsse. Kurz vor dem Erstarren des gegossenen Stahls fand meist noch eine Gasausscheidung statt, die zu Blasenbildung Veranlassung gab. Man hatte früher angenommen, dafs dies absorbierte Gase seien, welche beim Erstarren ausgeschieden wurden. Troost und Hantefeuille hatten das Gas, welches sich so entwickelte, aber chemisch untersucht und gefunden, dafs es nur aus Kohlenoxydgas bestehe und dafs es sich ganz gleich blieb, ob man den Flufsstahl in der Luft, in einer Kohlensäure- oder einer Wasserstoffgasatmosphäre erstarren liefs. Sie nahmen deshalb an, dafs die Gase nicht von Absorption, sondern von einer chemischen Zersetzung herrühren, welche die Folge einer Einwirkung des Metalls auf die Thonmasse des Gefäfses sei, da die Untersuchung zeigte, dafs das Eisen Kohlenstoff verloren und Silicium aufgenommen hatte. Diese Blasenbildung war also sehr schwer zu vermeiden. Die Erfahrung hatte aber gelehrt, dafs sie sehr verringert oder ganz

---

[1]) Engineer., 28. Septbr. 1866; Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1867, XI, 344.

Digitized by Google

verhindert würde, wenn man das flüssige Metall unter Druck erstarren liefs. Die Herstellung der Güsse unter hohem Druck erhielt deshalb auch für die Stahl- und Flufseisenfabrikation grofse Wichtigkeit und wurden in den sechziger Jahren verschiedene Methoden dafür angegeben.

Der Franzose Galy-Cazalat, der 1858 das Durchleiten von überhitztem Wasserdampf als Reinigungsmittel für Gufseisen und Flufsstahl vorgeschlagen hatte, empfahl 1865 (engl. Pat. vom 21. Dez., Nr. 3300) blasenfreie Stahlgüsse dadurch herzustellen, dafs er starke, dichte Formen, welche mit einem Deckel hermetisch verschlossen werden konnten, anwendete und in diesen nach dem Gufs durch ein Rohr mit Sicherheitsventil ein Gemisch von Salpeter und Kohle, also eine Art Schiefspulver eintrug, welches sofort verbrannte und durch die Gasentwickelung einen sehr hohen Druck ausübte. Joseph Whitworth wendete dagegen ein praktischeres Verfahren an (Pat. vom 24. Novbr. 1864, Nr. 3018), indem er einen Plungerkolben mit der geschlossenen Form verband, welcher durch hydraulischen Druck bewegt wurde und einen sehr starken Druck auf das flüssige Eisen ausübte; derselbe betrug 40 000 Pfund auf den Quadratzoll. Dieses Verfahren war hauptsächlich für den Geschützgufs erfunden, liefs sich aber ebensogut für sonstige Gufsblöcke anwenden. In Frankreich waren es Révollier, Biétrix & Co., Stahlfabrikanten in St. Etienne, welche das Giefsen von Stahl unter Druck zuerst anwendeten und darauf eine Fabrikation gründeten. Sie kombinierten 1867 den neuerfundenen Martinprozefs mit ihrem Druckverfahren, indem sie den flüssigen Stahl in geeigneten Formen unter die hydraulische Presse brachten. Ihre Einrichtungen waren aber mangelhaft, weswegen sie nicht den erwarteten Erfolg erzielten.

Die mechanische Bearbeitung der festen Blöcke konnte aber auch viel dazu beitragen, die Nachteile der Blasenbildung zu verringern, indem wenigstens die Blasen mit blanker Oberfläche durch Behandlung unter schweren Hämmern durch Zusammenschweifsen der Wände verschwanden. Dies konnte auch unter starken Walzen geschehen, wenn man dieselben langsam umlaufen liefs. Man gab deshalb den Vorwalzen für Stahlblöcke nicht mehr wie 25 Umdrehungen in der Minute und liefs die Blöcke von 2 Fufs Länge, um sie auf $3\frac{1}{2}$ Fufs zu strecken, durch fünf Kaliber gehen [1]).

---

[1]) Vergl. Ulrich, Aust und Jänisch, Bericht über eine 1867 ausgeführte Instruktionsreise in England, Preufs. Zeitschr. 1860, S. 105.

Digitized by Google

Fortschritte in der Verwendung des Stahls und Flufseisens 1861 bis 1870.

Durch Bessemers Erfindung und die Einführung derselben in die Praxis wurde der Technik ein ganz neues Material zur Verarbeitung geboten. Dasselbe wurde zwar von dem Erfinder und auch von dem Publikum als Stahl bezeichnet, doch war der Bessemerstahl durchaus verschieden sowohl von dem Schweifsstahl als von dem Tiegelgufsstahl. Abgesehen von seinen abweichenden Eigenschaften unterschied er sich von ersterem dadurch, dafs er als flüssiges Metall erhalten wurde, von letzterem dadurch, dafs es kein umgeschmolzenes Material, sondern ein durch den pneumatischen Prozefs aus Roheisen gebildetes Produkt war. Dieses zeigte zwar Ähnlichkeit mit dem Tiegelstahl, erreichte aber nicht dessen Güte; die Engländer nannten es deshalb zur Unterscheidung lieber Bessemermetall.

Als nun auch noch der in seinem Verhalten ähnliche Siemens-Martinstahl hinzukam, schien eine bedenkliche Verwirrung dadurch einzureifsen, dafs man alle diese verschiedenen und auf verschiedene Weise erzeugten Eisenkohlenstoffverbindungen mit demselben Namen Stahl bezeichnete. Es war deshalb ein dankenswerter Fortschritt für die deutsche Sprache, als Professor Wedding für alle durch einmalige Schmelzung aus den Rohstoffen in flüssigem Zustande erhaltenen Stahl- und Eisensorten die Namen Flufseisen und Flufsstahl vorschlug, die sich rasch einbürgerten. Dieses neue Material wurde anfänglich noch mit Mifstrauen betrachtet und fand erst nach und nach allgemeinere Verwendung, wie wir bereits an vielen Beispielen gezeigt haben. Aufser für Eisenbahnschienen wurde es schon frühe beim Schiffsbau verwendet. Das erste Handelsschiff, das aus Bessemerstahlplatten hergestellt wurde, war der 1859/60 erbaute Jason, ein für Fahrten auf dem Schwarzen Meere bestimmtes englisches Schiff von 452 Tonnen Tragfähigkeit. Diesem folgten 1860/61 fünf Kanaldampfer.

1862 begann die Verwendung des Bessemermetalls für Dampfkessel. P. Harkort hatte bereits durch Versuche nachgewiesen, dafs Gufsstahlkessel in der gleichen Zeit 20 bis 28 Prozent mehr verdampfen, als Eisenblechkessel, dafs sie wegen glatterer Oberfläche weniger Kesselstein ansetzen und eine 40 bis 50 Prozent gröfsere Festigkeit besitzen.

Samuel Adamson veranlafste 1862 die Firma Platt in Oldham, zwei Dampfkessel von 7 Fufs Durchmesser und 36 Fufs Länge aus

Digitized by Google

Bessemerstahlblech herzustellen, und als Sir Henry Bessemer in der Sitzung des Iron and Steel Institute im Jahre 1888 Adamson die Bessemermedaille überreichte, konnte er darauf hinweisen, dafs diese ersten grofsen Kessel aus Bessemerstahl sich noch in gutem, betriebsfähigem Zustande befänden. 1862 liefs die preufsische Regierung vergleichende Versuche anstellen, die sehr günstig für die Stahlkessel ausfielen. Im allgemeinen schätzte man Gufsstahlkessel zu 45 bis 60 Prozent, Bessemerstahlkessel zu 15 Prozent besser als Eisenkessel von denselben Abmessungen [1]).

1863 fand der Flufsstahl auch im Brückenbau Eingang und zwar zuerst, wie bereits erwähnt, auf der holländischen Staatsbahn. Zu Wellen von Schiffsmaschinen wurde er 1865 zuerst in England verwendet.

Zu Stahlformgufs wurde das Material ebenfalls versucht, doch vergofs man Anfang der sechziger Jahre nur Tiegelgufsstahl.

Die Vorführung der Fortschritte des Stahlformgusses auf der Londoner Ausstellung im Jahre 1862 fand grofse Beachtung. Direktor J. Meyer in Bochum war mit der Herstellung von in Lehm geformten Stahlformgufsstücken zuerst vorgegangen. Die Ausstellung des Bochumer Vereins für Gufsstahlfabrikation erregte Aufsehen durch die sehr sauber in einem Stück gegossenen Gufsstahlräder, noch mehr durch Gufsstahlglocken. Das Patent für deren Herstellung wurde von Vickers in Sheffield erworben. Die Herstellung von blasenfreiem Stahlgufs war ein Problem, das damals viele Metallurgen beschäftigte. R. Mushet hatte am 23. Mai 1861 ein Patent auf Herstellung blasenfreier Stahlgüsse genommen, die er dadurch erzielen wollte, dafs er ein Rohr in die nahezu gefüllte Form einhing und durch dieses flüssigen Stahl nachgofs; während des Erkaltens und Nachsetzens sollte man das Rohr durch Nachgiefsen gefüllt halten.

Restaing und Bourdouin in Paris hatten 1862 in London ein Verfahren, flüssiges Roheisen zu zerkleinern, um es für die Stahlfabrikation vorzubereiten, ausgestellt.

R. A. Broman erhielt am 24. Januar 1863 ein Patent auf die Herstellung gufs- oder schmiedeeiserner Ambosse mit Stahlbahnen in der Weise, dafs er in eine Form, deren Boden aus einer starken Eisenplatte als Coquille bestand, Stahl gofs, dann Gufseisen zulaufen liefs, bis die Form gefüllt war.

Vickers glaubte 1866 dadurch feste Stahlgüsse zu erhalten, dafs er die Formen mit dem flüssigen Metall während des Erstarrens in

---

[1]) Siehe Zeitschr. d. Architekten- u. Ingen.-Ver. zu Hannover IX, Heft 2 u. 3.

Digitized by Google

schüttelnde Bewegung versetzte, wodurch die Krystallisation verhindert werden sollte. Whetley wendete den Centrifugalgufs zur Anfertigung von Stahlradreifen an[1]).

Naylor, Vickers & Co. in Sheffield hatten 1867 die imposanteste englische Ausstellung in Gufsstahlartikeln, worunter sich auch Glocken, Kanonen, Radkränze u. s. w. befanden. Die Cyklopwerke von Cammel & Co. in Sheffield führten Rundstahl mit einem Kern von Schmiedeeisen für Gewindbohrer vor, deren Anfertigung sie geheim hielten.

Die Verwendung des Gufsstahls für die Feuerwaffen, insbesondere für Geschütze, ist in diesem Jahrzehnt von der gröfsten geschichtlichen Bedeutung geworden. In keinem Zeitabschnitt hat sich die Überlegenheit des Materials bei der Bewaffnung so geltend gemacht, wie in diesem kriegerischen Jahrzehnt, und durchweg fiel der Sieg der besseren Bewaffnung infolge der fortgeschrittenen Technik und des besseren Materials zu. Auf die Bedeutung der Panzerschiffe im Seekriege und auf den sensationellen Kampf zwischen Monitor und Merrimac im amerikanischen Bürgerkriege haben wir schon hingewiesen.

Bei den Handfeuerwaffen kamen Stahlröhren in immer allgemeineren Gebrauch. Dieselben wurden meistens in der Weise hergestellt, dafs ein gegossener Ring von weichem Gufsstahl allmählich durch immer enger werdende Zuglöcher durchgezogen wurde, wobei das sich erhitzende Metall öfter in kaltem Wasser[2]) gelöscht wurde. Anfang der sechziger Jahre beschäftigte sich auch Krupp mit der Herstellung von Stahlläufen für Handfeuerwaffen und hatte solche auch 1862 in London ausgestellt, doch liefs er diese Fabrikation bald wieder fallen. Dieselbe wurde von A. Berger in Witten aufgenommen. Er lieferte die rohen Stahlläufe für die preufsische Armee, die aber erst auf den grofsen staatlichen Waffenfabriken Spandau, Erfurt, Sömmerda u. s. w. bearbeitet und fertig gemacht wurden.

In grofsartigem Mafsstabe nahmen die Werke von John Cockerill in Seraing seit 1867 die Fabrikation von Gewehrläufen aus Bessemerstahl auf[3]), welche dann in der Königlichen Waffenfabrik zu Lüttich, und in Privatfabriken zu Gewehren fertig gemacht wurden. Auf der Pariser Weltausstellung 1867 hatten Petin und Gaudet & Co. zu Rive de Gier ebenfalls bereits Muster solcher Läufe aus Bessemerstahl

---

[1]) Siehe London. Journ. 1866, March, p. 150; Kerpely a. a. O. 1861, S. 233.
[2]) Siehe Dinglers Journal 1863, Märzheft.
[3]) Vergl. A. Greiner in Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1869, S. 337.

Digitized by Google

ausgestellt. Man nahm dazu die besten Sorten von englischem Hämatiteisen (Cleator-Harrington-Millom) und Müsener Spiegeleisen.

War die Überlegenheit der Stahlläufe vor den alten Eisenläufen und auch der gezogenen Läufe vor den ungezogenen allgemein anerkannt, so war das bezüglich der Frage, ob Vorder- oder Hinterlader, bis zum Jahre 1866 noch eine offene Streitfrage. Preufsen allein hatte in seinem Zündnadelgewehr das Hinterladungsgewehr eingeführt. Die Erfolge desselben im dänischen Kriege im Jahre 1864 waren nicht so auffällig, dafs sie schon zu einer Reform der Handfeuerwaffen geführt hätten. Die preufsische Militärverwaltung hatte kein Interesse daran, die Beobachtungen, die sie mit ihrer Waffe gemacht hatte, der Öffentlichkeit preiszugeben. Die Österreicher aber, welche doch an der Seite der Preufsen gekämpft hatten, sahen sich nicht veranlafst, von ihren Vorderladungsgewehren abzugehen. Da kam das Jahr 1866 und der Krieg Preufsens gegen Österreich und die süddeutschen Staaten. Preufsen, das inzwischen seine ganze Armee mit dem Zündnadelgewehr bewaffnet hatte, entwickelte eine so furchtbare Überlegenheit durch seine Handfeuerwaffe, dafs nicht zum wenigsten hierdurch sein Sieg trotz der numerischen Überlegenheit seiner Gegner in kurzer Zeit erkämpft war. Der Eindruck hiervon auf alle Grofsstaaten war ein durchschlagender. In aller Eile ersetzte man die Vorderlader durch Hinterlader. Vor allen war Frankreich auf die rasche Durchführung der Neubewaffnung seiner Armee mit dem Chassepotgewehr (M. 66) mit allem Eifer bedacht.

Nicht so entschieden zeigte sich in diesem Kriege die Überlegenheit der preufsischen Gufsstahlgeschütze über die gezogenen Bronzegeschütze der Österreicher. Zum Teil lag dies an dem Mangel an Gelegenheit, indem preufsischerseits der Kampf fast nur mit den Handfeuerwaffen geführt wurde.

Alfred Krupp hatte es sich zur Lebensaufgabe gemacht, die Überlegenheit seiner gezogenen Hinterladungsgeschütze aus Gufsstahl aller Welt zu beweisen, vor allem aber sein Vaterland Preufsen mit dieser starken Waffe auszurüsten, und er scheute keine Mühe und Opfer, seine Kanonen und ihre Fabrikation zu vervollkommnen. Die öffentliche Meinung war damals den Gufsstahlgeschützen noch wenig günstig, namentlich in England, wo man in den schmiedeeisernen Kanonen, welche William Armstrong zu Elswick bei Newcastle-on-Tyne verfertigte, das Höchste erreicht zu haben glaubte.

Nachdem durch den Tod des Königs Friedrich Wilhelm IV. (1861) die preufsische Königskrone an den seitherigen Prinzregenten

Digitized by Google

Wilhelm übergegangen war, kam erst die Reorganisation und mit ihr die bessere Bewaffnung der preufsischen Armee in Flufs. Der Besuch, den er im ersten Jahre seiner Regierung unmittelbar nach der Begegnung mit dem französischen Kaiser Napoleon III. in Baden-Baden, der hierbei aus seinen Gelüsten nach dem linken Rheinufer kein Hehl gemacht hatte, Alfred Krupp und der Kruppschen Fabrik in Essen am 9. Oktober 1861 abstattete, war für die Zukunft höchst bedeutungsvoll. Im folgenden Jahre war die Weltausstellung in London, wo Krupp die grofsartigste Ausstellung von Gufsstahlgeschützen vorführte, welche die Welt bis dahin gesehen hatte. Statt dafs aber die Grofsstaaten England, Frankreich und Österreich den von Krupp gezeigten Weg einschlugen, ging ein jeder dieser Staaten aus Eigensinn und nationalem Dünkel seinen eigenen und einen anderen Weg. England glaubte mit Vorderladern aus Schmiedeeisen von ungeheurem Kaliber die gröfsten artilleristischen Erfolge erzielen zu können.

Die von Sir Robert Armstrong erfundenen Geschütze waren aus übereinandergeschobenen längeren und kürzeren Hohlcylindern (coils) hergestellt. Diese Coils selbst waren durch Zusammenschweifsen spiralförmig aufgewundener Stäbe gebildet. Solche Geschütze wurden bis 1865 hauptsächlich auf dem grofsen, von William Armstrong geleiteten Werk zu Elswick, welches von 1858 bis 1865 ganz auf Rechnung der Regierung betrieben wurde, hergestellt. Seit dieser Zeit wurden die Staatswerkstätten für Kanonenfabrikation nach Woolwich verlegt.

Vor 1865 waren 300-Pfünder die schwersten Schiffskanonen gewesen. 1865 liefs Armstrong 600-Pfünder zur Ausrüstung der Panzerfregatte Achilles anfertigen. Ein solches Geschütz wog 440 Centner und hatte 90 Pfund Pulverladung. Trotzdem erwiesen sich diese Geschütze bei dem Versuchsschiefsen zu Shoeburyness zu schwach gegen 20 bis 23 cm Panzerplatten mit Holzfütterung. Armstrong beschlofs deshalb, Geschütze mit noch gröfserem Kaliber herzustellen.

Napoleon hielt an seinen gezogenen Bronzegeschützen fest, welche Österreich ebenfalls einführte.

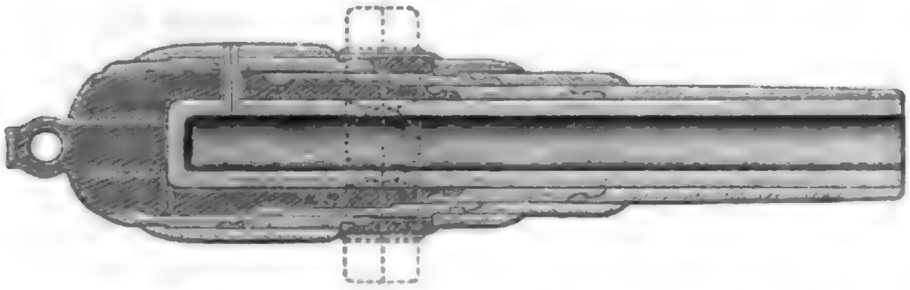
Ein wichtiger Fortschritt Krupps war die Erfindung des Keilverschlusses an Stelle des früheren unvollständigen Kolbenverschlusses, den er sich am 29. Oktober 1862 in England patentieren liefs.

Man konnte in England vor Krupps grofsartigen Leistungen die Augen zwar nicht ganz verschliefsen, suchte dieselben officiell aber möglichst zu verkleinern, weshalb man ihn auch für seine unver-

Digitized by Google

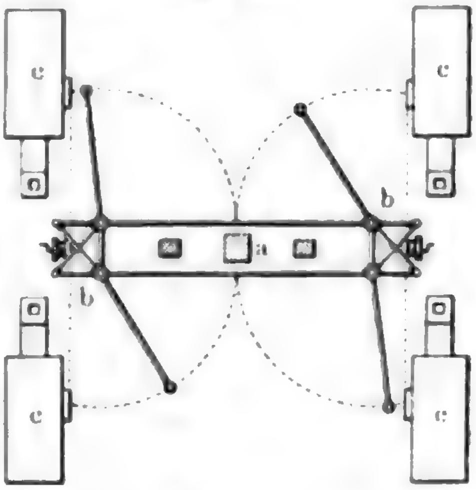
gleichliche Leitung bei der Londoner Ausstellung nur mit zwei bronzenen Medaillen abspeiste. Die englische Regierung machte in den Jahren 1862 und 1863 Versuche mit Kruppschen Rohren von 20, 40 und 110 Pfund Kaliber (nach englischer Bezeichnung), welche die vorzüglichsten Resultate ergaben; dennoch hielt man, weil man im eigenen Lande keine Gufsstahlrohre von gleicher Gröfse und Güte hatte, an dem System von Armstrong fest. Nur ging man dazu über, das Seelenrohr aus Gufsstahl zu machen, über das man dann

Fig. 119.



die schmiedeeisernen Cylinder, die man nun „Jacke und Hose" nannte, zog. Schwere Rohre bekamen eine gröfsere Anzahl Bekleidungscylinder („Jacke, Weste und Hose"). Derartige Konstruktionen wurden von Armstrong, Whitworth, Blakely und Fraser angegeben. Fig. 119 zeigt eine schwere englische Vorderladungskanone nach Frasers System, welches seit 1865 von der Regierung bevorzugt wurde. Die englischen Fabrikanten Blakely, Whitworth und Armstrong bezogen längere Zeit die Seelenrohre für ihre schmiedeeisernen Kanonen von Krupp. Im Arsenal zu Woolwich waren jetzt die grofsartigen Werkstätten, wo Armstrong seine riesigen Geschütze schmiedete, deren gröfstes der „Woolwich-Baby", ein Zwölfzöller von 35 Tonnen Rohrgewicht, war. Aufser einem Condiehammer waren dort fünf schwere Nasmythhämmer von 20, 12, 12, 10 und 10 Tonnen Bärgewicht im Betrieb. Jeder der grofsen Hämmer hatte vier Drehkrahnen zu seiner Bedienung (Fig. 120, wobei *a* den Dampfhammer, *bb* die Drehkrähne, *cccc* die Schweifs- und Glühöfen vorstellen).

Fig. 120.



Eine abweichende, der obigen entgegengesetzte Konstruktion erfand Kapitän Palliser 1867. Er machte die Seele aus Schmiedeeisen und darüber einen gegossenen Mantel aus Gufseisen. Diese Geschütze waren beträchtlich billiger. Sie wurden in England geprüft

Digitized by Google

und gut befunden, aber nicht eingeführt. Belgien rüstete dagegen 1862 seine ganze Artillerie mit Kruppschen Gufsstahlkanonen aus und bezog 184 Sechspfünder, 111 Vierpfünder, 200 Zwölfpfünder und einen 68-Pfünder. Ebenso bezog Rufsland in den folgenden Jahren eine grofse Anzahl Stahlkanonen von Krupp, zunächst 1863 88 achtzöllige und 16 neunzöllige Vorderlader, dann 1864 96 vierzöllige Hinterlader mit Keilverschlufs, ferner 2 zwölfzöllige, 9 neunzöllige, 2 sechszöllige und 115 achtzöllige Kanonen. Ende 1863 entschied man sich endlich auch in Preufsen für die definitive Einführung der 8 cm-Gufsstahlkanone, wovon zunächst nur eine Batterie von acht Geschützen gebildet wurde. Diese wurde bei dem kurz darauf erfolgten Ausbruch des dänischen Krieges der Garde-Infanterie-Division zugeteilt. Aufser diesen befanden sich bei der preufsischen Armee noch 30 Kruppsche Sechspfünder, so dafs von der ganzen Zahl von 110 Feldgeschützen 38 Gufsstahlkanonen waren. Krupps Geschütze legten im dänischen Feldzuge ihre Feuerprobe ab, und zwar zuerst am 2. Februar bei Missunde. Die Erfolge waren so augenscheinlich, dafs bereits am 18. April die Einführung der 8 cm-Kanone an Stelle der seitherigen Haubitzen beschlossen wurde. Es wurden 300 Stück Rohre bei Krupp bestellt, welche noch wie früher in der Königlichen Geschützgiefserei in Spandau gezogen und fertiggestellt wurden. In diesem Jahre wurden auch von Preufsen die ersten Marine- und Küstengeschütze, 72- und 36-Pfünder, bestellt. Hierzu hatte die erfolglose Beschiefsung des dänischen Panzerschiffes Rolf Krake die Veranlassung gegeben. Die Proben, welche Krupps Gufsstahlkanonen im Ernstkampf abgelegt hatten, wirkten mehr wie alle Ausstellungen. Von nun an nahm die Kanonenfabrikation auf dem Kruppschen Werke rasch und in grofsartigem Umfange zu. Als aber 1866 der Krieg gegen Österreich und den deutschen Bund ausbrach, war noch keineswegs die Neubewaffnung der preufsischen Artillerie mit Gufsstahlkanonen durchgeführt, noch weniger hatten die Mannschaften genügende Zeit gehabt, um sich mit den neuen Geschützen einzuschiefsen. Manche Offiziere mufsten mit gezogenen Geschützen ausrücken, ohne je mit einem solchen vorher geschossen zu haben. Im ganzen befanden sich bei den beiden Heeren 520 gezogene und 354 glatte Geschütze. Welche Geschosse für die gezogenen Geschütze die geeignetsten seien, war noch eine gänzlich unerledigte Frage.

Österreich hatte dagegen nur gezogene Geschütze, welche schon 1861 eingeführt und mit denen die ganze Artillerie seit 1864 bewaffnet war. Im allgemeinen herrschte noch auf preufsischer Seite die irrige

Digitized by Google

Vorstellung, dafs die gezogenen Kanonen hauptsächlich als Positionsgeschütze für den Fernkampf zu verwenden seien. Infolgedessen beschofs man sich von beiden Seiten auf grofse, meist zu grofse Entfernungen mit entsprechend geringem Erfolg.

Die neuen Geschütze hatten in dem Feldzug von 1866 die grofsen Erwartungen, die man auf sie gesetzt hatte, nicht erfüllt. Infolgedessen erhoben die Gegner der gezogenen Hinterlader wieder ihre Stimmen, indem sie dies dem System zuschrieben. Auch das Material wurde angegriffen, weil mehrere der 8 cm-Rohre ohne vorherige Anzeichen und ohne nachweisbare Fehler zersprungen waren. Es drohte eine Stockung in der Neubewaffnung der preufsischen Artillerie einzutreten, aber König Wilhelm mit seinem klaren Blick und seinem richtigen Urteil in militärischen Dingen liefs sich nicht irre machen und befahl die rasche Durchführung der Neubewaffnung der Artillerie, die er auch auf die reitende Artillerie ausdehnte. Die süddeutschen Staaten führten ebenfalls die bereits 1865 begonnene Einführung der gezogenen Gufsstahlgeschütze durch. Krupp hatte gefunden, dafs die Ursache des Zerspringens in der Konstruktion des von Preufsen vorgeschriebenen Wesenerschen Doppelkeil-Verschlusses lag. Er ersetzte diesen durch den von ihm erfundenen Rundkeil, auf den Krupp am 10. Februar 1865 in England ein Patent genommen hatte. Seit dem Jahre 1866 übernahm die Kruppsche Fabrik auch die Fertigstellung der Geschütze für Preufsen. In diesem Jahre wurden im ganzen 1562 Kanonen bei Krupp bestellt.

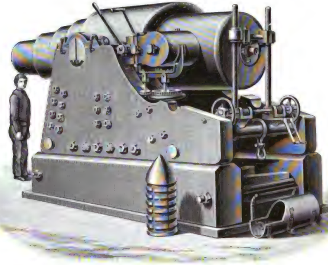
Für die grofsen Küsten- und Marinegeschütze hatte Krupp eine ähnliche Konstruktion wie Armstrong eingeführt, nur waren es nicht Eisen-, sondern Stahlcylinder, welche er über das Seelenrohr zog. Es waren dies die sogenannten Ringkanonen. Diese Konstruktion erhöhte zugleich durch die Verstärkung der Pulverkammer die Durchschlagswirkung der Geschosse. Eine solche Ringkanone war das gewaltige 1000 Pfund-Geschütz, welches 1867 auf der Pariser Weltausstellung die Bewunderung aller Besucher erregte. Das Geschütz, welches Fig. 121 (a. f. S.) abgebildet ist, hatte 35,5 cm (14 Zoll) Seelendurchmesser. Das Seelenrohr wog 40000 Pfund, die Ringlagen zusammen 60000 Pfund. Zu demselben war auch eine stählerne Lafette von 30000 Pfund und ein dazu gehöriger drehbarer Rahmen von 50000 Pfund konstruiert.

Aufser diesem Riesengeschütz führte Krupp noch eine Anzahl kleinerer Geschütze verschiedener Konstruktion vor. Obgleich Kaiser Napoleon seiner Bewunderung der Leistungen Krupps offenen

Ausdruck gab und denselben durch die Ernennung zum Offizier der Ehrenlegion auszeichnete, ging er doch nicht von seinem System gezogener Bronzegeschütze ab. In dieser verderblichen Kurzsichtigkeit wurde er bestärkt durch den Bericht des Vorsitzenden des Artillerie-Comités, des Generals Le Boeuf. Krupps letzter Versuch im Jahre 1868, Napoleon für sein Geschützsystem zu interessieren, wurde höflich abgelehnt.

Das Riesengeschütz der Pariser Ausstellung wurde von Krupp dem König Wilhelm von Preufsen zum Geschenk gemacht und auf dem

Fig. 121.



Strandfort Brauneberg am Kieler Hafen aufgestellt. 1867 bis 1869 rüstete der preufsische Staat seine Marine und seine Festungsartillerie mit Gufsstahlgeschützen schweren Kalibers aus. Die Schiefsversuche mit der neunzölligen Ringkanone (96-Pfünder) fielen anfangs für Krupp unglücklich aus, weil man das gewöhnliche preufsische Geschützpulver dabei angewendet hatte. Als man auf Krupps Vorstellung hin prismatisches Pulver nahm, feierte er einen grofsen Triumph über die konkurrierenden englischen Vorderladungsgeschütze von Armstrong[1]).

Die Ergebnisse der Tegeler Schiefsversuche veranlafsten die An-

[1]) Das Armstrong-gun-iron war ein dichtes Feinkorneisen.

Digitized by Google

nahme der Ringkonstruktion für alle schweren Geschütze bis zum 12-Pfünder herab, und Krupps System von 15, 17, 21, 24, 26 und 28 cm-Kanonen wurde angenommen.

Das Jahr 1870 kam heran und mit ihm die grofse Probe der Kruppschen Stahlkanonen in dem deutsch-französischen Kriege. Wie anders war die Ausrüstung der preufsischen Artillerie in diesem Jahr im Vergleich mit 1866! — Frankreich hatte wohl seine Chassepot-Gewehre, welche, wie sich herausstellte, an Tragweite dem preufsischen Zündnadelgewehr bedeutend überlegen waren, es hatte auch seine Mitrailleusen, aber seine Feldartillerie war noch mit denselben gezogenen Bronzegeschützen (System La Hitte) ausgerüstet, wie im italienischen Kriege 1859. Die Überlegenheit der deutschen Artillerie zeigte sich gleich in den ersten Schlachten und gab dieser Waffe ein Gefühl der Sicherheit, welches ihre Leistungen erhöhte. Diese waren in der That glänzend, sowohl in der Feldschlacht als bei Belagerungen. Die preufsischen Granaten haben am meisten die Entmutigung der französischen Soldaten herbeigeführt, die mit jeder verlorenen Schlacht zunahm. Ausschlaggebend war das Eingreifen der Artillerie bei St. Privat; Sedan ward durch die Artillerie gewonnen und nie haben Artilleriegeschosse so in Heerhaufen gewütet als wie hier; Paris ergab sich den Kruppschen Kanonen. Die Stärke dieser Geschütze war aber in erster Linie der vortreffliche Stahl.

Es bedarf kaum der Anführung, dafs das Material und die Bearbeitung der Geschosse ebenfalls von der gröfsten Wichtigkeit war. Dies kam besonders da in Frage, wo Eisen gegen Eisen, oder Stahl gegen Stahl kämpfen mufste, also im Geschützkampf gegen Panzerschiffe und gepanzerte Batterien. Hierbei erwies sich das gewöhnliche Gufseisen als wirkungslos. Auch hier trug der Stahl den Sieg davon. Armstrong bediente sich zuerst aus Bessemerstahl gegossener Rundkugeln. Weit gröfseren Erfolg hatten aber Whitworths Langgeschosse, die anfänglich sechseckig waren. Am wirkungsvollsten waren Spitzgeschosse von Stahl, deren Spitzen geschmiedet und gehärtet waren. Die Stahlgranate hatte gegen Panzer schon 1864 den entschiedenen Sieg errungen. Aber auch Hartgufsgeschosse ergaben in manchen Fällen ausreichende Wirkung. Solche hatte Nasmyth bereits 1862 in Vorschlag gebracht. Palisser verwendete dieselben gegen Eisenpanzer. Bei den mit seinen Hartgufsgeschossen angestellten Probeschiefsen zu Vincennes und Shoeburynefs erwiesen sie sich aber gegen Platten über 5 Zoll nicht mehr wirksam. Dagegen gelang es Hermann Gruson in Buckau-Magdeburg, vorzügliche Hart-

Digitized by Google

gufsgranaten herzustellen, die sich bei dem Probeschiefsen gegen Panzerplatten 1864 gut bewährten.

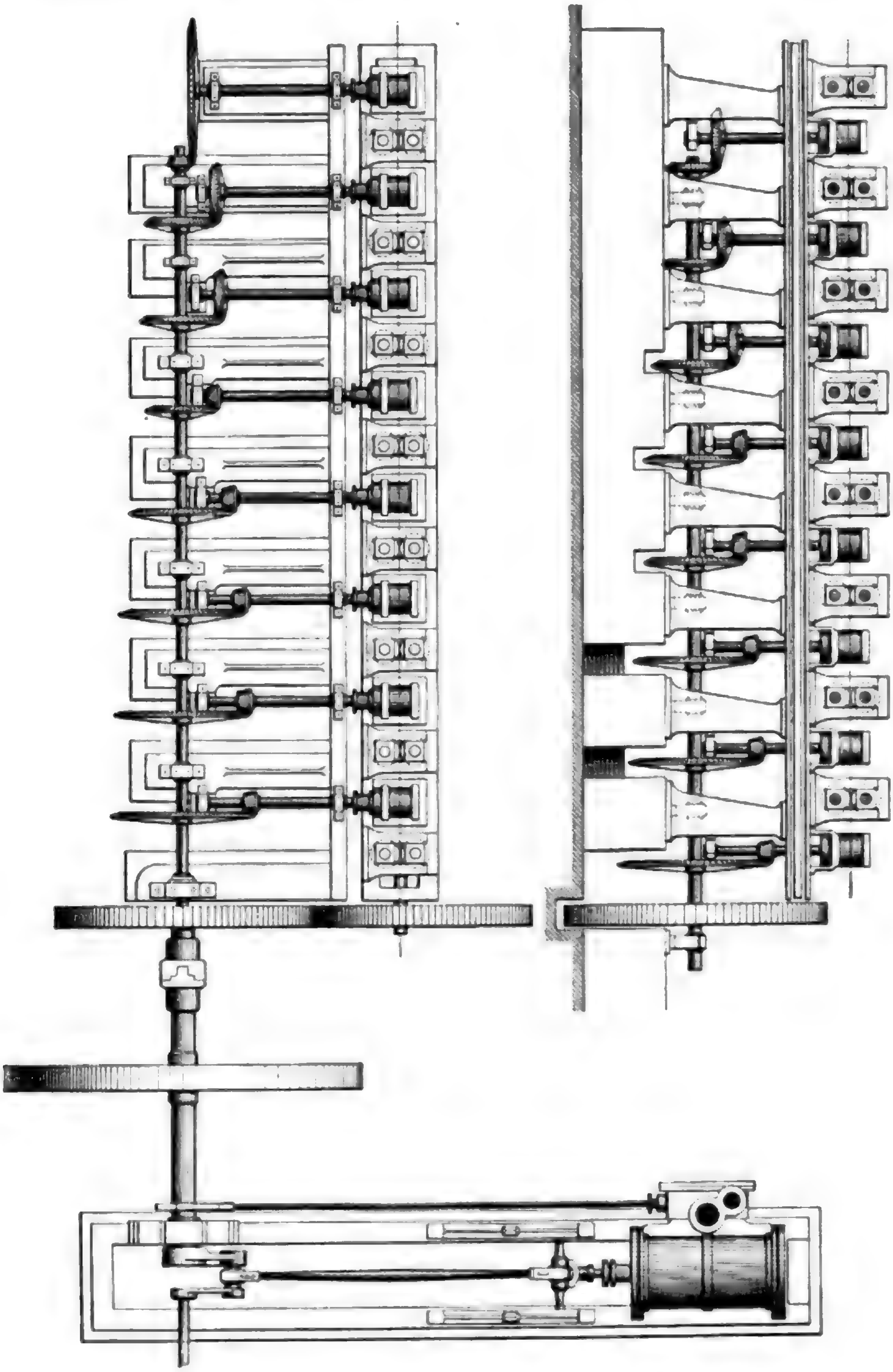


Fig. 122.

Die Drahtfabrikation nahm in den sechziger Jahren einen grofsen Aufschwung und zwar ebenfalls hauptsächlich durch die Verbesserungen der Schnellwalzen, durch die Verwendung von Puddel- und Bessemereisen für die Fabrikation und durch den vermehrten

Digitized by Google

Absatz, besonders als Telegraphendraht und für Drahtseile. George Bedson in Manchester führte 1862 den kontinuierlichen Walzbetrieb ein, wobei der Draht durch eine Anzahl hintereinander stehender Walzenpaare (Fig. 122), deren Geschwindigkeit entsprechend der Streckung des Drahtes zunahm, ging (E. P. vom 2. Juli 1862, Nr. 1935). 1869 führte Washburn dieses System auch in den Vereinigten Staaten ein. Derselbe benutzte zugleich die von H. B. Comer bereits 1859 erfundene automatische Umführung des Walzdrahtes.

Johnson und Nephew in Manchester hatten auf der Pariser Weltausstellung ein Stück Walzdraht von 1633 Fufs Länge und 2,1 Linien Dicke ausgestellt, während Bonard, Fleury und Demandre einen gezogenen dreieckigen Draht von 27000 Fufs Länge und nur 9,4 Pfund Gewicht vorführten. In Deutschland zeichneten sich Hobrecker und Cosack & Co. bei Hamm durch Güte ihres Walzdrahtes und grofse Produktion aus.

Eigentümliche Glühtöpfe zum Glühen des Drahtes liefsen sich Hibell, Colbon & Co. in Birmingham 1866 patentieren. Dieselben hatten im Grundrifs Ringform, entsprechend den Drahtringen, so dafs die Flamme von innen und von aufsen gleichmäfsig auf den Draht einwirken konnte.

In Deutschland und England war man bestrebt, einheitliche Drahtlehren durchzuführen.

Das Verzinken des Telegraphendrahtes hatte grofse Wichtigkeit erlangt. Es geschah in grofsen eisernen Kästen, in denen sich flüssiges Zink befand, durch das die gebeizten Drähte, zwölf zu gleicher Zeit, gezogen wurden.

Eine bemerkenswerte Neuerung bei der Blechfabrikation waren die gebuckelten Bleche von Robert Mallet, welche durch die Pariser Ausstellung 1867 bekannt wurden.

Ein ganz wichtiger Industriezweig war um diese Zeit die Herstellung des Krinolinstahls, der schon auf der Londoner Ausstellung 1862 vertreten war, geworden. Es wurden dafür erst flache Bleche, Krinolinfederbleche, gewalzt, die dann durch Schneidewerke in Streifen geschnitten wurden. Durch Kaltwalzen erhielten sie die nötige Federkraft.

Die Weifsblechfabrikation beherrschte England. Die erste genauere Statistik giebt Robert Hunt für 1870. In diesem Jahre erzeugte England 3459782 Kisten Weifsblech im Gewicht von 141764 Tonnen, hiervon gingen über 100000 Tonnen in das Ausland[1]).

[1]) Siehe Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1872, S. 194.

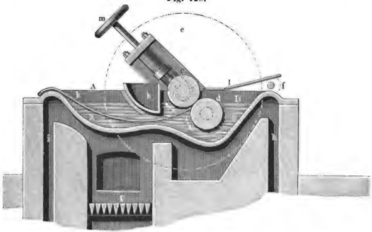
Digitized by Google

Die gröfsten Werke, die auf der Weltausstellung 1862 ausgestellt hatten, waren Llandore, Pont-ar-Dawe, Cwm-Avon und Ystalifera im Thale von Swansea.

Man verwendete zu Llandore noch Holzkohlenblech und verbrauchte auf 100 Pfund fertige Bleche 6,5 bis 8 Pfund Zinn[1]). Ystalifera, die gröfste Weifsblechhütte, lieferte 3600 Kisten in der Woche.

Verzinkte Bleche (galvanized iron), die immer gröfsere Verwendung fanden, wurden in England in Steintrögen mit verdünnter Salzsäure (1 Säure auf 7 Wasser) gebeizt, mit reinem Wasser abgewaschen und

Fig. 123.



dann in Trockenkammern getrocknet. Dann wurden sie noch heifs durch das hergerichtete Zinkbad in schmiedeeisernen Pfannen gezogen. Das geschmolzene Zink mufste sehr rein sein und wurde durch aufgestreuten Salmiak vor Oxydation geschützt. — Wollte man Wellbleche erzeugen, so liefs man die verzinkten Bleche durch ein Walzwerk gehen, wodurch die Wellen eingeprefst wurden.

C. Morewoods (1845) verbessertes Verfahren, die Bleche automatisch zu verzinnen und in dem Metallbad durch Walzen gehen zu lassen, hatte Girard in Frankreich eingeführt und seine Erzeugnisse 1867 ausgestellt. Die Vorrichtung ist Fig. 123 abgebildet.

[1]) Siehe Revue universelle, 1862, I. livr., p. 1; Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1862, S. 430.

Geschichte des Eisens in den einzelnen Ländern 1861 bis 1870.

Allgemeines.

Für die Fortschritte der Eisenindustrie giebt die Statistik den besten Mafsstab. Nachfolgende Tabelle[1]) enthält die Roheisenerzeugung der Erde in der Zeit von 1861 bis 1870 mit annähernder Genauigkeit.

Roheisenerzeugung der Erde in Kilotonnen.

	1861 Gew.	1862 Gew.	1863 Gew.	1864 Gew.	1865 Gew.	1866 Gew.	1867 Gew.	1868 Gew.	1869 Gew.	1870 Gew.
England	3864	4007	4582	4834	4896	4596	4837	5050	5533	6060
Deutschland	592	706	812	905	975	1047	1114	1264	1409	1391
Frankreich	888	1053	1149	1212	1290	1253	1229	1235	1381	1173
Belgien	312	353	392	450	471	432	423	436	534	565
Österreich-Ungarn	315	354	357	319	292	285	320	375	405	403
Rufsland	286	212	265	301	299	274	323	325	333	360
Schweden	200	235	220	284	227	230	254	263	292	300
Italien	2	3	4	5	6	8	10	10	12	14
Spanien	35	35	40	51	50	40	42	43	35	54
Übrige Länder Europas . .	30	30	30	30	30	30	35	35	35	35
Summe von Europa . . .	6524	6988	7851	8391	8536	8245	8587	9036	9969	10355
Vereinigte Staaten von Nordamerika	663	714	860	1031	845	1225	1326	1454	1748	1691
Übrige Länder der Erde .	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Summe der Roheisenerzeugung auf der Erde . . .	7287	7802	8811	9522	9481	9570	10013	10590	11817	12146

Die Roheisenerzeugung der Erde stieg in diesem Jahrzehnt von 7287000 Tonnen auf 12146000 Tonnen, also um 4859000 Tonnen = 66,7 Prozent. Englands Produktion betrug etwa die Hälfte, d. h. es produzierte so viel Eisen, wie die ganze übrige Welt zusammen. Indes wuchs seine Eisenerzeugung nicht in dem gleichen Verhältnis wie die der übrigen Länder, so dafs relativ ein Rückschritt stattfand. 1861 betrug Englands Anteil 53,1 Prozent, 1869 nur 42,8 Prozent. An dem allgemeinen Aufschwung der Eisenindustrie nahmen Deutschland und Amerika im gröfsten Mafse teil. Deutschlands Roheisen-

[1]) Zusammengestellt von E. Schrödter, Düsseldorf, in Stahl und Eisen 1895, S. 108.

erzeugung wuchs in der Periode von 1861 bis 1869 um das 2,4fache, die der Vereinigten Staaten um das 2,8fache. Nachstehende Zusammenstellung der prozentalen Beteiligung der einzelnen Länder an der Gesamtproduktion von 1861 und 1869 [1]) zeigt die Verschiebung, welche durch den ungleichen Fortschritt der Eisenindustrie in den verschiedenen Ländern entstanden ist.

	1861	1869
Gesamtproduktion	7287 Kil.-T.	11 817 Kil.-T.
Anteile:		
Grofsbritannien	53,1 Proz.	46,9 Proz.
Deutschland und Luxemburg	8,1 „	11,9 „
Frankreich	12,2 „	11,7 „
Belgien	4,3 „	4,5 „
Österreich-Ungarn	4,3 „	3,4 „
Rufsland	3,9 „	2,8 „
Schweden	2,7 „	2,5 „
Italien	0,0 „	0,1 „
Spanien	0,5 „	0,3 „
Übrige Länder Europas	0,4 „	0,3 „
Vereinigte Staaten von Nordamerika	9,1 „	14,8 „
Übrige Länder der Welt	1,4 „	0,9 „
	100,0 Proz.	100,0 Proz.

Ein nennenswerter Fortschritt erscheint nur bei Deutschland und den Vereinigten Staaten. Die übrigen Staaten, aufser Belgien und Italien, zeigen relativen Rückgang. 1861 nahm Frankreich noch die zweite Stelle unter den eisenerzeugenden Staaten ein, die Vereinigten Staaten die dritte, Deutschland die vierte. 1867 überflügelten die Vereinigten Staaten und 1868 Deutschland Frankreich, welches seit diesem Jahre sich mit dem vierten Platz begnügen mufste, während es von Anfang des Jahrhunderts bis zu dieser Zeit den zweiten Platz unbestritten behauptet hatte.

Der französische Metallurge Jordan giebt in seiner Produktionstafel der Welt noch folgende Roheisenproduktionen von in obiger Tabelle nicht einzeln aufgeführten Gebieten an: Für die Schweiz 10 Kil.-T., für die Türkei 6 Kil.-T., für Australien und Englisch-Indien 20 Kil.-T., für Englisch-Amerika 8 Kil.-T., für Südamerika 8 Kil.-T.

Der Eisenverbrauch auf den Kopf der Bevölkerung, der wichtigste Mafsstab für die industrielle Thätigkeit eines Landes, betrug

[1]) Wir wählen das Jahr 1869 statt 1870 zur Vergleichung, weil letzteres infolge des deutsch-französischen Krieges ein anormales war.

Digitized by Google

1864 [1]) in England 77 kg, in Belgien 50 kg, in den Vereinigten Staaten 46 kg, in Frankreich 34 kg, in Preufsen 29 kg, in Schweden 26 kg, in dem Zollverein 19 kg, in Österreich 10,4 kg, in Spanien 7 kg, in Italien 6,5 kg, in Rufsland 3 kg. Hiervon weicht aber die nachfolgende Berechnung des Amerikaners Hewitt für 1866 nicht unwesentlich ab.

Gebiet	Produktion pro Kopf kg	Verbrauch pro Kopf kg
Grofsbritannien	150	50
Frankreich	30	26,5
Nordamerika	37,5	50
Zollverein	18	19
Belgien	50	32,5
Österreich	9	9,5
Rufsland	2,5	4
Schweden und Norwegen	50	6
Spanien	3	5
Italien	2	8

Von Interesse ist es, dafs Hewitt bei der Besprechung der Leistungsfähigkeit der einzelnen Länder bei seiner vorstehenden Tabelle bereits bestimmt erklärt, dafs den Vereinigten Staaten die Zukunft in der Eisenerzeugung gehöre.

Obenstehende Tabelle zeigt zugleich deutlich, welche Staaten exportieren und welche importieren mufsten.

Über die aufserordentliche Zunahme der Flufsstahlerzeugung in dem Zeitraum von 1865 bis 1870 und der Beteiligung der einzelnen Staaten daran giebt die nachstehende Zusammenstellung eine Übersicht.

Flufsstahlerzeugung von 1865 bis 1870 in Tonnen.

	1865	1866	1867	1868	1869	1870
Grofsbritannien	225 000	235 000	245 000	260 000	275 000	286 797
Deutschland mit Luxemburg	99 543	114 434	122 591	122 837	161 319	169 951
Frankreich	40 574	37 764	46 467	80 564	110 227	94 386
Belgien	650	1 050	1 575	1 928	2 940	4 321
Österreich-Ungarn	3 879	8 607	8 275	11 053	18 727	28 991
Schweden	5 000	7 000	9 000	13 500	13 150	12 193
Rufsland	3 871	3 932	6 271	9 327	7 200	8 647
Vereinigte Staaten	13 848	17 216	19 963	27 223	31 760	68 057
Summa	392 365	425 003	459 142	526 432	639 423	667 343

[1]) Nach einer Berechnung in der Berg- u. Hüttenm. Ztg. von 1867, S. 167.

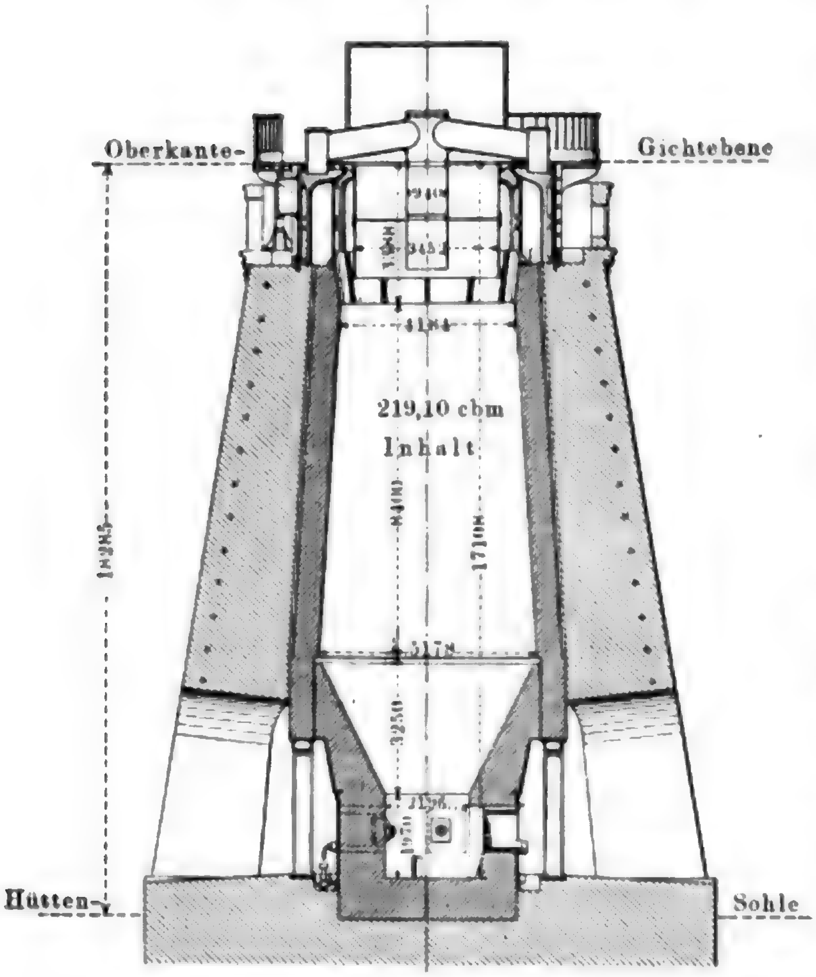
Grofsbritannien 1861 bis 1870.

Englands Führerschaft in der Eisenindustrie der Welt war in diesem Zeitraum noch unbestritten und gewann noch durch seine grofsartige Produktionssteigerung an Bedeutung.

Über die Eisenindustrie Grofsbritanniens in den sechziger Jahren geben eine Anzahl guter Abhandlungen und Percys Werk über Eisen und Stahl Auskunft.

An der Spitze der ersteren steht die mehrerwähnte vortreffliche Arbeit von Gruner und Lan vom Jahre 1861[1]). Nach dieser sollen die Produktionskosten des Eisens seit etwa 30 Jahren ziemlich unverändert geblieben sein, indem das Steigen der Löhne durch technische Verbesserungen ausgeglichen wurde. Der Steinkohlenverbrauch bei den Hochöfen war seit 1830 von 4 Tonnen auf $2^1/_2$ Tonnen für 1 Tonne Eisen gesunken. Die Produktion hatte sich mehr als verdoppelt.

Fig. 124.



In Wales verhüttete man in ausgedehntem Mafsstabe Frischschlacken zur Anreicherung des Möllers, während dies in Cleveland und Schottland nur ausnahmsweise geschah. Die Ableitung und Benutzung der Hochofengase war allgemeiner geworden, bei den weiten Gichten mufste diese aber in der Mitte, nicht am Rande stattfinden. Hochöfen mit besonderen Gestellen wendete man für Qualitätseisen und strengflüssige Erze, wie die von Cleveland, an, sonst zog man solche ohne Gestelle vor. Die Höhe der Öfen war vom Brennmaterial abhängig. Bei sehr festem Koks, wie zu Newcastle und Cleveland, baute man die Hochöfen sehr hoch — bis 103 engl. Fufs (30,50 m). Anthrazit erforderte niedrige Öfen. Man rechnete auf die Tonne Roheisen

[1]) État présent de la Métallurgie du Fer en Angleterre par M. Gruner et M. Lan, Paris 1862 und Annales des Mines 1861, XIX.

5 bis 10 Kubikfufs inneren Ofenraum. Die neuen Öfen zu Middlesborough standen meist auf je 12 Säulen und hatten freistehende Gestelle (Fig. 124). Sie erhoben sich unmittelbar aus der Ebene und hatten vorwiegend pneumatische Aufzüge. — Horizontale Gebläsemaschinen sah man in England selten; senkrechte Balanciermaschinen nach Woolfschem System waren am verbreitetsten. Meist bediente eine Maschine mehrere Hochöfen zugleich. Die gröfste Gebläsemaschine zu Dowlais hatte 500 Pferdekräfte, 12 engl. Fufs (3,65 m) Durchmesser des Gebläsecylinders und 12 Fufs Hub; sie bediente 6 Hochöfen und 4 Feinfeuer. Einige Hochöfen in Wales erreichten bereits eine Tagesproduktion von 30 bis 40 Tonnen, der Windverbrauch betrug in Wales 5000 bis 5500 Kubikfufs oder 80 bis 95 Kubikmeter pro Tonne. Die geringe Sorgfalt beim Aufgeben der Beschickung rügte schon Truran. Da die englischen Erze meistens phosphorreich sind, mufste man graues Roheisen erblasen. Der Clevelanddistrikt hatte durch die Vergröfserung seiner Hochöfen und deren Massenproduktion viel günstigere Zahlen für den Brennstoffverbrauch aufzuweisen. Im Durchschnitt verbrauchte man 1870 bei Erzen von nur 32 bis 34 Proz. Eisen 110 Pfund Koks auf 100 Roheisen. In dem grofsen Ofen von Ferry Hill von 103 Fufs Höhe und 33 000 Kubikfufs Inhalt schmolz man bei 450° Windtemperatur täglich 1100 Centner Roheisen mit 85 Pfund Koks auf 100 Pfund Roheisen.

Holzkohlenhochöfen gab es 1864 nur noch vier: zu Newland und zu Backharrow in Lancashire, zu Duddon in Cumberland und zu Lorne in Argylshire in Schottland.

Das Puddeln geschah gewöhnlich nicht mit der Sorgfalt, wie auf dem Kontinent; man liefs das Eisen gar nicht ordentlich zum Flufs kommen. Nur in Staffordshire, wo man auf Qualitätseisen arbeitete, wurde sorgfältig gerührt.

Der Steinkohlenverbrauch auf die Tonne Stabeisen hatte vor 30 Jahren ca. 10 bis 12 Tonnen betragen, während er jetzt (1860) selten $7^1/_2$ Tonnen überstieg und sich meist auf $5^1/_2$ bis 6 Tonnen stellte.

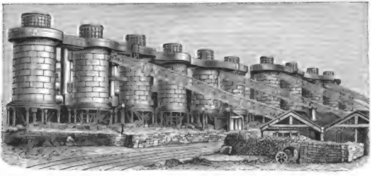
Englands Dampfmaschinenkräfte betrugen nach Fairbairns Zusammenstellung 1860:

bei den Gruben und Metallhütten . .	450 000	Pferdekräfte
„ Fabriken aller Art	1 350 000	„
„ der Dampfschiffahrt	850 000	„
„ Eisenbahnen	1 000 000	„
zusammen:	3 650 000	Pferdekräfte.

Robert Hunt hatte für die Weltausstellung 1862 eine Statistik der Eisenindustrie für 1860 ausgearbeitet. Danach gab es in diesem Jahre 268 Hochofenwerke mit 583½ im Betrieb stehenden Hochöfen; 211 Puddel- und Walzwerke mit 3623 Puddelöfen und 288 Walzenstrafsen. Einen grofsen Einflufs auf die englische Walzwerkindustrie hatte die Panzerplattenfabrikation, die sich aber 1862 noch im Versuchsstadium befand.

Ein grofsartiges Eisenwerk, welches 1859 mit zwei Hochöfen eröffnet wurde, waren die Barrow-in-Furness-Iron Works der Firma Schneider, Hannay & Co. bei Ulverstone in Lancashire. Sie lagen

Fig. 125.



mitten in dem Hämatitgebiet und waren auf die Erzeugung von Bessemerroheisen begründet. Von den 7 grofsen Hochöfen waren 2 1859, 3 bis 1861/62 in Betrieb gekommen, und 2 weitere wurden 1862 gebaut. Das auf der Weltausstellung in London 1862 ausgestellte Modell des Werkes erregte berechtigtes Aufsehen. 1866 zählte dasselbe schon 10 und 1872 12 Hochöfen. Fig. 125 zeigt die einfache und charakteristische Anordnung der in einer Reihe liegenden Hochöfen. Zahlreiche Profile englischer Hochöfen finden sich in der zweiten Auflage von Trurans Eisenhüttenkunde von 1862.

In England hatte man lange Zeit nur auf Billigkeit und Massenproduktion Wert gelegt und die Qualität vernachlässigt, seit Anfang der sechziger Jahre fing man aber auch an, letztere mehr zu beachten.

Über den Phosphor- und Schwefelgehalt der englischen Roheisensorten stellte Vincent Day nachstehende Reihen auf.

Digitized by Google

	a) mittlerer Phosphorgehalt Proz.		b) mittlerer Schwefelgehalt Proz.
Whitehaven (Hämatit)	0,144	Cleveland	0,035
Süd-Wales	0,473	Nord-Staffordshire . .	0,04
Süd-Staffordshire . .	0,48	Derbyshire	0,0147
Yorkshire	0,54	Yorkshire	0,052
Schottland	0,73	Whitehaven	0,056
Derbyshire	0,864	Süd-Staffordshire . .	0,0614
Nord-Staffordshire . .	1,07	Süd-Wales	0,098
Northhamptonshire .	1,143	Northhampton . . .	0,269
Cleveland	1,32	Schottland	0,283

Infolge der Bessemerstahl-Fabrikation hatte man den in England vorkommenden manganhaltigen Braun- und Spateisensteinen gröfsere Beachtung geschenkt und die Weardale-Gesellschaft, welche 1861 das erste Bessemerstahlwerk in Nordengland auf den Tudhoe-Works mit 4 Konvertern zu $2^1/_2$ Tonnen erbaute, hatte 1862 ein aus englischen Erzen mit kaltem Wind erblasenes Spiegeleisen mit $2^1/_2$ Prozent Mangangehalt ausgestellt.

1866 veröffentlichten die preufsischen Hütteningenieure Ulrich, Wiebmer und Drefsler einen bemerkenswerten Bericht über ihre englische Reise, in dem namentlich viel neues aus dem Clevelanddistrikt enthalten war. Das wichtigste davon haben wir in dem allgemeinen Teile mitgeteilt.

Die Zahl der Windformen bei den Hochöfen betrug in Workington und Gartsherrie 6 bis 7, in Govan sogar 9, ebensoviel hatten die grofsen Öfen zu Barrow, während der gröfste Ofen zu Dowlais 7 zählte. Die Windpressung betrug meist $2^1/_2$ bis 3 Pfund auf den Quadratzoll, zu Dowlais und Barrow ausnahmsweise $3^1/_4$ Pfund, die sehr hohe Pressung von $4^1/_2$ Pfund mufste man der zähen Schlacke wegen bei der Hämatiteisenerzeugung zu Workington verwenden. Hier hatte man ebenso wie in Schottland das Abfangen der Gichtgase wieder aufgegeben. Auf den übrigen Hütten hatte sich der Parrysche Trichter als Gichtverschlufs und zum Aufgeben gut bewährt. In Cleveland steigerte man die Erhitzung des Windes bis auf 600° C. (1100° F.). Der Kohlenverbrauch der Hochöfen war sehr verschieden. In Schottland verbrauchte man auf 100 Eisen 220 Steinkohlen, in Cleveland 160 Koks, in Workington bei Hämatit 190 Koks, in Wales dagegen bei weifsem Puddeleisen 116 Steinkohlen. Schneider in Ulverstone schmolz 1862 mit $^{100}/_{100}$ Koks bei grauem und $^{90}/_{100}$ bei

weifsem Roheisen und in dem grofsen Ofen von Ferry Hill in Cleveland kam man sogar eine Zeit lang mit 85 Prozent Koks aus.

Folgende Zusammenstellung (von Jordan) zeigt die Verteilung der Roheisenproduktion in Grofsbritannien für 1866:

Gruppen	Hütten	Hochöfen	Im Betrieb	Produktion Tonnen
Schottland	27	165	98	1 008 910
Nordwest	28	155	108½	908 845
Seedistrikt (Cumberland, Lancashire)	7	43	31	411 098
Centrum	40	128	99½	571 330
Staffordshire	69	206	140	689 490
Wales	44	208	142	1 002 079
	215	905	648	4 591 752

England erzeugte damals mit der doppelten Anzahl Hochöfen mehr als die vierfache Menge Roheisen im Vergleich mit Frankreich. Die Zahl der Anthrazitöfen hatte seit 1862 abgenommen, sie betrug 1862 32, 1866 24, trotzdem war die Produktion von 31 000 auf 34 000 Tonnen gestiegen. Nach der Mineralstatistik von R. Hunt wurden 1866 in England 9 809 988 Tonnen Eisenerz gefördert, wozu folgende Zusammenstellung mitgeteilt wird:

Erzsorte	Eisengehalt	Prozent der Förderung	Prozent der Roheisenerzeugung
Roter Hämatit	65,13	15	24
Magneterze	56,10	2	2½
Brauner Hämatit	41,40	13	12½
Oolithische Erze	35,60	26	23
Spaterze	40,95	2	2
Blackland	37,80	42	36
Kohleneisenstein	30,68		
	—	100	100

Die Roheisenerzeugung Grofsbritanniens und die Zahl der im Betrieb befindlichen Hochöfen für die Zeit von 1860 bis 1870 ist durch nachfolgende Ziffern wiedergegeben, wobei zu bemerken ist, dafs für die Produktion drei verschiedene Angaben (a, b, c) nebeneinander gestellt sind.

Digitized by Google

Roheisenerzeugung Grofsbritanniens von 1860 bis 1870.

In Tonnen.

Jahr	Erzeugung a	Erzeugung b	Erzeugung c	Zahl der Hochöfen
1860	3 884 153	3 826 752	3 887 993	583
1861	3 712 390	3 712 390	3 771 795	569
1862	4 002 620	—	4 002 621	562
1863	4 577 690	4 510 040	4 582 194	597
1864	4 241 994	4 467 951	4 844 238	594
1865	4 891 542	4 819 245	4 881 636	656
1866	4 598 001	4 523 897	4 596 267	618
1867	4 773 771	4 761 023	4 837 199	551½
1868	4 970 206	5 040 729		560
1869	5 445 757	5 582 890		600
1870	5 963 515	6 058 931		664

Die Roheisenproduktion der einzelnen Bezirke für die Zeit von 1861 bis 1870 ergiebt sich aus der Tabelle auf folgender Seite, in der aber die gesamte Erzeugung mit den oben angeführten Zahlen ebenfalls nicht übereinstimmt.

Nach einer anderen Aufstellung der Einteilung stellte sich die Produktion der einzelnen Bezirke in den Jahren 1867, 1868 und 1869 folgendermafsen:

	1867 Tonnen	1868 Tonnen	1869 Tonnen
Northumberland	31 027	17 495	33 623
Durham	477 834	499 592	676 964
Yorkshire { North Riding	640 892	699 492	916 970
Yorkshire { West Riding	109 002	106 050	77 717
Derbyshire	160 028	159 312	179 772
Lancashire	318 801	325 367	422 728
Cumberland	109 839	116 864	255 178
Shropshire	123 624	145 154	112 300
North-Staffordshire	202 382	229 913	303 378
South-Staffordshire	515 638	532 234	588 540
Northhamptonshire	25 184	35 584	43 166
Lincolnshire	25 579	33 999	31 690
Gloster, Wiltshire, Sommersetshire	71 186	75 847	93 601
North-Wales (Denbighshire)	32 843	37 046	42 695
South-Wales (Anthracitöfen)	35 506	38 143	28 500
„ „ Glamorganshire	403 050	399 291	478 243
„ „ Brecknockshire	29 443	29 000	} 472 450
„ „ Monmouthshire	418 235	427 821	
Schottland	1 031 000	1 068 000	1 206 010
Summa	4 761 023	4 970 204	5 963 515

Roheisenproduktion von Grofsbritannien nach Bezirken in Tonnen[1]).

	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870
Glostershire und Forest of Dean	23 163	28 476	39 427	38 360	—	—	—	—	—	—
Northhampton und Oxfordshire	25 060	36 963	39 164	49 775	91 199	92 817	121 686	144 247	156 306	166 301
Shropshire und Warwickshire . .	140 791	125 981	135 557	130 666	117 343	121 161	123 604	145 154	197 443	112 300
Staffordshire (South- und North-)	583 350	594 600	867 659	846 693	898 800	742 940	717 960	762 100	801 400	891 800
Yorkshire (West-Riding)	142 865	112 121	104 745	112 093	123 233	119 747	109 002	100 050	105 765	77 717
Cleveland, Northumberland und Durham	619 948	667 202	824 431	931 553	1 012 478	896 414	1 149 753	1 216 581	1 440 858	1 627 557
Cumberland und Lancashire . . .	164 542	242 018	270 200	336 493	307 355	405 023	428 640	442 231	565 769	677 906
Derby- und Somersetshire	129 715	131 005	170 026	174 743	189 364	199 867	160 028	159 312	188 353	179 772
Northwales	46 658	31 719	51 076	58 108	51 874	25 515	32 843	37 046	38 530	42 695
Southwales	886 300	893 309	817 753	937 621	845 035	927 454	886 234	894 255	800 972	979 193
Schottland	950 000	1 080 000	1 160 000	1 158 750	1 163 488	994 000	1 031 000	1 068 000	1 152 916	1 206 000
Zusammen . . .	3 712 392	3 973 394	4 510 038	4 767 855	4 800 159	4 524 938	4 760 750	4 968 976	5 448 312	5 961 241
Hochöfen im Betrieb	$569\frac{1}{4}$	$561\frac{1}{4}$	$597\frac{3}{4}$	$612\frac{3}{4}$	657	618	$563\frac{3}{5}$	560	600	$664\frac{3}{4}$
Mittlerer Preis pro Tonne:										
Southwales . . . . . . Mk.	68,90	68,90	75,95	88,58	93,99	87,10	82,42	78,43	78,43	78,43
Cleveland . . . . „	56,10	48,22	48,22	56,10	48,72	48,72	48,72	48,72	48,72	48,72
Schottland . . . . . . „	48,80	53,14	57,58	55,11	58,08	62,99	58,33	54,38	56,60	58,33

[1]) Die in den Annales des Mines, VII. Serie, t. IV (1874), S. 654, veröffentlichte Zusammenstellung giebt etwas höhere Ziffern.

Digitized by Google

In Grofsbritannien und Irland zählte man 1870 201 Hochofenhütten mit 916 Hochöfen, von denen 665 im Betrieb standen. In Durham waren 1870 122 Hochöfen vorhanden, wovon 101 betrieben wurden; aufserdem waren 14 im Bau begriffen. 70 Hochöfen lagen in einem Umkreis von 3 bis 4 engl. Meilen Radius um die Stadt Middlesborough herum. Viele dieser Öfen waren 70 bis 90 engl. Fufs hoch, einer in Cleveland sogar über 95 engl. Fufs (29 m). In Monmouth und Südwales zählte man ca. 200 Hochöfen, von denen waren nur 4 bis 5 höher als 50 Fufs, mehrere waren zwischen 45 und 35 Fufs hoch, einzelne noch kleiner. Auch in Schottland wurde die Höhe von 50 Fufs selten überschritten.

Puddel- und Walzwerke gab es nach Robert Hunt in England im Jahre 1869 245 mit 6243 Puddelöfen und 859 Walzenstrafsen, die sich auf folgende Grafschaften verteilten:

	Werke	Puddelöfen	Walzenstrassen
Süd-Staffordshire	110	1700	282
Nord-Staffordshire	8	414	46
Yorkshire	33	1098	167
Durham	19	925	58
Glamorganshire (Wales)	17	555	88
Monmouthshire (Wales)	12	482	52
Shropshire	9	208	39
Lancashire	8	170	36
Derbyshire	5	91	18
Schottland	14	338	44

Die Zahl der Puddelöfen und der Walzwerke in Grofsbritannien für die Zeit von 1861 bis 1870 stellt sich wie folgt:

Jahr	Puddelöfen	Walzwerke
1861	4147	439
1862	4832	647
1863	5013	647
1864	6338	705
1865	6407	730
1866	6239	826
1867	6009	834
1868	5900	831
1869	6243	859
1870	6789	851

Einen grofsen Aufschwung nahm die Bessemerstahlfabrikation in England in diesem Zeitraume. Die guten Erfolge, die John Brown

Digitized by Google

in Sheffield erzielt hatte, gaben Veranlassung zur Gründung zahlreicher Stahlwerke. In Nordengland legte die Weardale-Company 1861 die ersten Konverter auf den Tudhoe-Werken an; es waren deren vier für Chargen von $2^1/_2$ Tonnen. 1867 war (nach Tunner) die Zahl der Konverter auf 52 gestiegen. Diese verteilten sich auf 15 Stahlwerke und hatten folgende Leistungsfähigkeit:

Werke	Konverter	Charge in Tonnen	Leistung pro Woche Tonnen
Henry Bessemer u. Co., Sheffield	2	3	100
Gebr. Bessemer, London	2	3	100
John Brown, Sheffield	4	2 à 3 2 à 10	500
Charles Camel u. Co., Sheffield	2	3	500
Charles Camel u. Co., Pennietown	4	5	
Fox u. Co., Sheffield	2	3	100
Manchester Stahl Comp.	2	5	200
Lancashire Stahl Comp.	2	5	200
Bolton-Stahlwerke	2	5	200
Crewe-Werke	4	5	400
Barrow-Stahlwerke	10	4 à 5 6 à 7	2200
Roman u. Co., Glasgow	2	3	100
Mersey-Stahlwerke, Liverpool	2	5	200
Dowlais-Werke	6	5	600
Ebbw-Vale-Werke	6	5	600
Summa	52		6000

Die jährliche Leistungsfähigkeit betrug demnach über 300000 Tonnen oder über 6 Millionen Centner, während die effektive Produktion 1866 nicht ganz 3 Millionen Centner betragen hatte.

Die Bessemerstahlwerke zu Dowlais und Ebbw-Vale, die 1866 und 1868 in Betrieb kamen, waren hauptsächlich für die Fabrikation von Eisenbahnschienen bestimmt.

Für die Jahre 1868 bis 1870 liegen folgende Angaben vor:

Bessemerstahlkonverter.

	Zahl der Stahlhütten	Zahl der Konverter	Fassungsraum im Durchschnitt
1868	17	57	251,0 Kubikfuss
1869	18	59	269,5 „
1870	18	71	331,5 „

Digitized by Google

Grofsbritanniens Ein- und Ausfuhr von Roheisen, Stahl und Eisen stellte sich 1866 bis 1870 in Tonnen wie folgt:

	1866	1867	1868	1869	1870
Ausfuhr . . .	1 782 439	1 993 019	1 975 847	2 723 613	2 870 783
Einfuhr . . .	210 383	204 641	319 464	528 517	728 056

Die Ausfuhr einzelner Artikel betrug 1870:

Roh- und Puddeleisen	752 681	Tonnen
Stab-, Winkel etc.- Eisen	322 100	„
Eisenbahnschienen	1 060 123	„
Draht	23 123	„
Gufswaren	101 168	„
Reifen, Platten, Kesselbleche . .	180 261	„
Verarbeitetes Eisen aller Art . .	135 229	„
Altes Eisen	106 859	„
Stahl, unverarbeitet	34 911	„
	2 716 455	Tonnen.

Die Länge der Eisenbahnen in Grofsbritannien und Irland war:

1860	2238	deutsche	Meilen
1864	2744	„	„
1867	3043	„	„
1870	3370	„	„ .

hiervon kamen 2395 Meilen auf England, 546 Meilen auf Schottland und 428 Meilen auf Irland.

In diesem Jahrzehnt hatten auch in England mehrere bedeutende Arbeiterausstände (Strikes) in der Eisenindustrie stattgefunden. Der wichtigste war ein Strike der Hüttenarbeiter von Nord- und Süd-Staffordshire, Yorkshire und Cleveland. Es war dies ein sogenannter Lock-out, Ausschlufs von der Arbeit, weil sich die Arbeiter eine Lohnherabsetzung nicht gefallen lassen wollten. Gegen Ende des Jahrzehnt strikten die Puddler vielfach, was den rotierenden Puddelöfen 1870 das Interesse der Werkbesitzer wieder zuwendete.

Schottlands Roheisenproduktion, Preise und Ausfuhr in diesem Zeitraum ergeben sich aus folgenden Zusammenstellungen:

Roheisenproduktion und Preise in Schottland.

	Produktion Tons	Versendung in fremde Länder Tons	Versendung nach Grofsbritannien Tons	Durchschnittspreis pro Ton
1861	1 050 000	266 871	327 129	2 £ 91 sh. 3 d.
1862	1 080 000	269 701	295 299	2 „ 12 „ 11½ „
1863	1 180 000	301 875	313 125	2 „ 15 „ 5⅔ „
1864	1 160 000	326 449	349 551	2 „ 17 „ 3 „
1865	1 164 000	368 184	372 316	2 „ 14 „ 9 „
1866	994 000	342 922	293 578	3 „ — „ 6 „
1867	1 031 000	385 765	261 973	2 „ 13 „ 6 „
1868	1 068 000	363 396	221 804	2 „ 12 „ 9 „
1869	1 150 000	427 355	223 645	2 „ 13 „ 3 „
1870	1 206 000	422 109	232 891	2 „ 14 „ 3 „

Die durchschnittliche Erzeugung pro Ofen stellte sich 1861 auf 8536,7, 1867 auf 9546 Tonnen.

Die **Ausfuhr** verteilte sich in den Jahren 1865 und 1867 wie folgt:

	1865 Tonnen	1867 Tonnen
Nach Frankreich	82 500	60 500
„ Deutschland und Holland	146 000	99 600
„ Belgien und Skandinavien	—	20 100
„ Russland	3 500	9 600
„ Pyrenäenhalbinsel	12 700	5 100
„ Italien	12 600	14 200
„ Vereinigte Staaten	60 700	117 300
„ Britisch Amerika	23 700	43 000
„ Ostindien und China „ Australien und Südamerika	5 800	14 000

Das Jahrzehnt von 1860 bis 1870 bildete eine Glanzperiode in der Geschichte der Eisenindustrie Grofsbritanniens. In keinem anderen Lande fand eine solche Vermehrung der Roheisenproduktion statt. Diese betrug 1860: 3827 kt, 1870: 6059 kt, demnach eine Zunahme von 2232 kt, entsprechend 58⅓ Prozent. Im Verhältnis zur Gesamterzeugung der Erde war allerdings infolge der grofsen Produktionssteigerung Deutschlands und der Vereinigten Staaten von Nordamerika relativ ein kleiner Rückgang eingetreten. 1860 übertraf Englands Eisenerzeugung noch die aller anderen Länder

Digitized by Google

der Erde zusammengenommen; sie betrug $51\frac{1}{2}$ Prozent der Weltproduktion, während sie 1870 nur noch $49\frac{6}{10}$ Prozent betrug, immerhin noch fast die Hälfte. Zu dieser grofsen Produktionssteigerung war die rasche Ausbreitung des Bessemerverfahrens in diesem Zeitraum die hauptsächliche Veranlassung. Die Flufseisenerzeugung betrug 1870 (nach P. Trassenster) 350 kt, die Schweifseisenerzeugung 2600 kt. Nach anderen Angaben wurden 1870 215 kt Bessemerflufseisen und 11 kt Flammofenflufseisen erzeugt. 1866 waren 150 kt Bessemerflufseisen dargestellt worden.

Frankreich 1861 bis 1870.

Frankreich nahm hinsichtlich seiner Eisenerzeugung Anfang der sechziger Jahre noch die zweite Stelle ein, wurde aber im Laufe derselben von den Vereinigten Staaten und von Deutschland überflügelt.

1860 schlofs Napoleon III. den Handelsvertrag mit England, welcher einen grofsartigen Aufschwung der französischen Industrie zur Folge hatte, besonders auch der Maschinenfabriken und Eisengiefsereien. Neue Eisenbahnen und Kanäle, darunter besonders der Saarkanal, wurden erbaut. Dies alles gab der einheimischen Eisenindustrie reichliche Beschäftigung. Die alte Holzkohlenindustrie trat mehr und mehr hinter der sich immer grofsartiger entfaltenden Steinkohlenindustrie zurück. In den zehn Jahren von 1855 bis 1864 hat die Roheisenproduktion im ganzen um 57 Prozent zugenommen, während die Holzkohlen-Roheisenerzeugung um 30 Prozent abnahm. Die Stabeisenproduktion war in dieser Zeit um 48 Prozent gewachsen. Dabei wurden 1864 doch noch 151 110 Tonnen fremdes, meist schottisches Roheisen importiert. Dagegen stieg die Ausfuhr von Eisen und Eisenwaren von 1859 bis 1867 von 45 Millionen Francs auf 140 Millionen.

Daelens Reisebericht aus Frankreich von 1862[1]) rühmt besonders die grofse Produktion der Puddel- und Schweifsöfen, wozu das leicht frischende Roheisen, besonders aber die Geschicklichkeit der Arbeiter beitrugen. Ein Puddelofen lieferte meist 2360 bis 2440 Pfund Puddeleisen bei einem Kohlenverbrauch von 8,65 bis 10,65 Scheffel; ein

[1]) Siehe Zeitschrift d. Ver. deutsch. Ingen. VI, 477.

Digitized by Google

Schweifsofen bei der Schienenfabrikation 13 600 Pfund mit 5,5 Scheffel Kohlen.

Napoleon bekümmerte sich selbst um die Eisenindustrie, wie wir bei den wichtigen Versuchen des Stahlschmelzens von Sudre zu Montataire (s. S. 171) kennen gelernt haben und gab die Anregung, dafs sich auch die Akademie der Wissenschaften damit beschäftigte. Die Stahlfabrikation nahm in Frankreich einen ganz besonderen Aufschwung und hat sich die Stahlerzeugung in den zehn Jahren von 1857 bis 1867 verdoppelt.

In welchem Verhältnis die Eisenerzeugung mit Steinkohle gegenüber der mit Holzkohle zunahm, kann man aus folgenden Zahlen ersehen.

Es wurde produziert:

	1861 Tonnen	1862 Tonnen
Roheisen mit Holzkohlen	298 000	285 000
Roheisen mit Koks	590 000	768 000
Schmiedeeisen mit Holzkohlen	76 600	71 100
Schmiedeeisen mit gemischtem Brennmaterial (mètes)	32 400	29 400
Schmiedeeisen mit Steinkohlen	463 000	600 000

	1864 Tonnen	1865 Tonnen
Holzkohlenroheisen	250 800	221 200
Koksroheisen	766 800	848 300
Gemischtes Koksroheisen	194 500	98 800
	1 212 100	1 168 300

	1864 Tonnen
Holzkohlenfrischeisen	94 800
Steinkohlenfrischeisen	708 300
Gemischtes Frischeisen	19 800
	792 800

Die Roheisenproduktion von 1866 verteilte sich auf die einzelnen Gebiete (nach Jordan) wie folgt:

Digitized by Google

Gruppe	Tonnen	Holzkohlen-hochöfen	Koks-hochöfen
I. Süd-Ost	356 299	6	56
II. Mosel	256 546	10	62
III. Comté	74 890	36	8
IV. Alpen	5 000	8	—
V. Champagne	163 731	62	50
VI. Nord	175 221	—	25
VII. Centrum	128 876	30	24
VIII. Nord-West	25 189	11	14
IX. Süd-West	66 900	34	18

Die wichtigsten Werke in diesen Gruppen waren 1867[1]):

In Gruppe I: Creusot, seit 1845 im alleinigen Besitz von Eugène Schneider, seit welcher Zeit es sich grofsartig entwickelte. Es umfafste 120 Hektar, wovon 19 Hektar bebaut waren, beschäftigte 10 000 Arbeiter und hatte um sich eine Stadt von 24 000 Einwohnern geschaffen. Es nahm eine leitende Stellung ein, was auch auf der grofsen Pariser Weltausstellung von 1867 deutlich zum Ausdruck kam.

Ferner gehörten in diese Gruppe Givors, Harel & Co. zu Vienne, l'Horme, Terre noire, Lavoulte et Bessèges, Tamaris bei Alais, St. Louis bei Marseille am Meer gelegen. Letztgenanntes Werk war auf Seebezug angewiesen; es verschmolz besonders Erze von Elba, auch von Algier und Spanien mit Koks von Gard aus dem Bassin von Portes (Bassin d'Alais), verwendete aber oft bis zwei Drittel Gaskoks von Marseille, worauf ursprünglich die Anlage begründet worden war. Es lieferte gutes Eisen zur Stahlfabrikation. Jordan war hier lange Direktor.

Weiter gehörten hierher die Werke von Petin, Gaudet & Co. zu Givors, Toga (Corsica) und Berri. Die Werke zu Toga und Solezara (Corsica) verschmolzen Erze von Elba, Spanien, Farinole (Corsica), Toskana, Spezia und Piemont.

Rustrel (Vaucluse) hüttete ebenfalls mit Holzkohlen.

Gruppe II: Mosel mit den Eisenwerken zu Ars von Dupont und Dreifufs, und von Karcher und Westermann zu Novéant, verschiedene Hütten an der Meurthe, zu Mont St. Martin mit drei Hochöfen zur Verschmelzung der lothringischen Minette, von welchen der erste 1865 in Betrieb kam, und Prieuré zu Longwy 1863 gegründet, etc. Der Hauptgewerke war aber De Wendel, der zu Hayange 4,

[1]) M. S. Jordan, Revue de l'industrie du fer de 1867.

zu Moyeuvre 4 und zu Styring 5 Kokshochöfen und 2 Holzkohlenhochöfen, zusammen 15 Hochöfen besafs.

Gruppe III: Comté; hierin lagen Audincourt, die Hütten der Franche-Comté (Rans und Fraisans), die Holzkohlenöfen der Haute-Saône und des Côte d'Or, ferner die Hochöfen von de Dietrich & Co. bei Niederbronn.

Gruppe IV: Alpen mit den Holzkohlenöfen der Depart. Isère (darunter Alevard, St. Gervais), Savoyen und Hochsavoyen (Cran).

Gruppe V: Champagne zählte 14 Koksöfen, einschliefslich der Hütten der Ardennen, der Maas und der Oberen Marne, 62 Holzkohlen- und 36 gemischte Öfen.

Gruppe VI: Nord; darin Marquise, Outreau, Anzin und Denain, Maubeuge, Providence zu Hautmont, Fourmier.

Gruppe VII: Centrum mit Chatillon-Commentry, Boigues-Rambourg & Co. (Fourchambault, Montluçon, Torteron, Pique), Petin, Gaudet & Co. zu Clavières, die Hütten des Marquis de Vogué, de la Caillaudière et Belabre. 1864 produzierten 47 Hochöfen 163 526 Tonnen.

Gruppe VIII: Nord-West umfafste die Hütten im Depart. Côtes-du-Nord, Morbihan und Ille-et-Villain (Bretagne), Mayenne, Sarthe et Orne, De la Manche, De l'Eure, d'Eure-et-Loire, d'Indre-et-Loire und La Vienne.

Gruppe IX: Süd-West mit den Hütten des Departement von Aveyron (Aubin, Decazeville), des Departement Perigord, les Landes und Pyrenäen.

Jordan giebt folgende Zahlen für die Produktion von 1861 bis 1870:

	Roheisenerzeugung Tonnen	Hiervon mit Holzkohlen Proz.
1861	966 595	33,0
1862	1 090 838	25,0
1863	1 156 875	22,0
1864	1 212 751	18,0
1865	1 203 711	18,0
1866	1 260 348	17,0
(in 197 Holzkohlen- und 257 Kokshochöfen)		
1867	1 229 044	12,7
1868	1 235 308	10,6
1869	1 380 965	8,2
1870	1 178 114	7,6

Digitized by Google

Die Stabeisenproduktion betrug 1860: 559 385 Tonnen, 1864: 882 900 Tonnen, 1867: 1 200 000 Tonnen.

1866 wurden erzeugt:

Holzkohlenfrischeisen	50 400	Tonnen
Steinkohlenfrischeisen	733 400	„
Frischeisen mit gemischtem Brennstoff	28 100	„
zusammen	811 900	Tonnen.

Die Schmiedeeisenerzeugung wird wie folgt angegeben:

	Schmiedeeisen in Summa Tonnen	Schmiedeeisen mit Steinkohlen Tonnen	Blech Tonnen
1861	631 180	517 890	79 000
1862	734 260	616 410	72 970
1863	770 240	674 440	73 480
1864	792 060	706 030	100 000
1865	769 240	695 520	100 910
1866	819 380	744 890	106 050
1867	776 280	707 450	97 540
1868	813 730	760 900	102 020
1869	903 720	848 490	107 440
1870	660 060	614 120	83 100

Die vordere Zahlenreihe stellt aber nicht die gesamte Menge der Schweifseisenfabrikate dar.

Die Stahlfabrikation Frankreichs ergab:

	Frischstahl m-Ctr.	Puddelstahl m-Ctr.	Bessemer- und Martinstahl m-Ctr.	Cementstahl m-Ctr.	Zusammen m-Ctr.
1861	218 785		—	84 519	303 304
1862	264 741		—	111 394	376 135
1863	206 022		—	75 647	281 669
1864	245 516		—	69 774	315 290
1865	22 171	176 344	96 472	58 664	353 651
1866	16 306	150 380	99 773	50 194	316 653
1867	16 550	166 177	177 680	44 161	404 568
1868	6 696	203 774	458 604	43 038	712 112
1869	13 310	248 610	701 131	63 096	1 026 147
1870	9 150	188 157	612 419	52 294	862 520

(Tabelle von Jeans Steel, S. 231.)

	Bessemer- und Martinstahl Tonnen	Gussstahl Tonnen	Andere Stahlsorten Tonnen	Zusammen Tonnen
1863	1 856	9 482	35 823	47 161
1864	6 750	9 410	21 442	37 602
1865	9 751	10 030	21 778	41 559
1866	10 790	5 209	24 575	40 574
1867	19 893	6 119	21 585	47 584
1868	42 601	6 032	—	48 621
1869	52 400	9 353	8 515	60 267
1870	90 000	7 610	12 621	110 231

Die Einfuhr von Eisen aus England betrug:

1865	51 107	Tonnen
1866	40 789	„
1867	54 836	„

1867 war das Jahr der Weltausstellung in Paris, auf welcher sich die Eisenindustrie Frankreichs in nie gesehenem Glanze zeigte und ihre grofsen Fortschritte aller Welt offenbarte. Besonders hervorragend waren die Ausstellungen von Schneider & Co. zu Creusot und von Petin, Gaudet & Co., die einen Gufsstahlblock von 25 Tonnen, Panzerplatten von 15, 20 und 25 cm Dicke, 1 m hohes, 10 m langes I-Eisen von 2500 kg Gewicht ausstellten. Zu den zahlreichen Werken dieser Firma gehörten die Holzkohlenhütten Toga bei Bastia auf Corsica, die Holzkohlenhütte Clavières bei Chateauroux in Berri, die Kokshütte Givors im Rhone-Departement, das Puddel- und Walzwerk St. Chamond (Departement Loire), das Puddel- und Hammerwerk Rive-de-Gier, die Bessemer- und Tiegelstahlhütte Assailly (Departement Loire). Diese Werke lieferten jährlich 50 000 Tonnen Eisen und Stahl.

Mit der Zunahme der Stahlfabrikation wurden immer mehr ausländische Erze, von den Pyrenäen, von Sardinien und Algier (Moktaerze) verhüttet. Die Erze von Sardinien (St. Leon) wurden zu Givors in den Kokshochöfen von Petin, Gaudet & Co., die Erze von Mokta in Algier zu Terre noire, St. Louis, Vienne, Givors, Chasse, Creusot etc. verschmolzen.

Der Bessemerprozefs wurde im Jahre 1868 regelmäfsig betrieben zu Imphy, Assailly, Terre-noire, Mutterhausen; auf mehreren anderen Werken zeitweilig. Überall war das englische Verfahren eingeführt.

Digitized by Google

Nach **Tunners** Aufstellung zählte man 1867 12 Konverter auf nachfolgenden Werken:

	Konverter	Charge Tonnen	Erzeugung pro Woche Tonnen
Petin, Gaudet & Co. Assailly (Loire) . .	2	6	220
Jackson & Co., Imphy, St. Seurin . . .	2	5	200
Terre Noire	2	4	160
Gebr. von Dietrich, Niederbronn	2	3	100
Ménans & Co., Fraisans (Jura)	2	3	100
Chatillon-Commentry	2	3	100
			880

oder 44000 Tonnen im Jahr. Die wirkliche Produktion 1866 betrug nicht ganz 20000 Tonnen. 1869 wurde die gröfste Bessemeranlage Frankreichs zu Creusot erbaut. Frankreichs Eisenbahnen nahmen 1860 bis 1869 von 1332 bis 2289 Meilen Bahnlänge zu.

Belgien 1861 bis 1870.

Belgien, trotz seiner Kleinheit eines der wichtigeren Eisenländer, zeigte in den sechziger Jahren eine zunehmende Produktion. Für die bedeutende Roheisenerzeugung mufste es den Hauptteil der Erze aus den Nachbargebieten, Luxemburg und Lothringen, einführen. Charakteristisch für die belgischen Hüttenwerke war es, dafs sie alle eigene Verkokungsanstalten auf den Hütten hatten. Die Steinkohlen wurden fast überall gewaschen. „Gewaschene Koks“ von den Gruben durften nicht über 5 Prozent Asche enthalten. Die Fortschritte der Jahre 1861 und 1862 fanden ihren Ausdruck in der Erhöhung der Tagesproduktion der Hochöfen, die bis 40 Tonnen in 24 Stunden stieg, ferner in dem Verschmelzen von Puddelschlacken und in der Einführung von Universalwalzwerken.

1863 und 1864 herrschte in Belgien ein Gründungsfieber, infolge dessen viele neue Anlagen entstanden. Den Bessemerprozefs führte **Seraing** im Jahre 1864 ein und war dies jahrelang das einzige Werk in Belgien, welches davon Gebrauch machte.

Die Roheisenproduktion Belgiens betrug:

1860 . . .	319743 Tonnen	1865 . . .	470767 Tonnen
1864 . . .	449875 „	1866 . . .	503000 „

1867 . . .	423 069 Tonnen	1869 . . .	534 319 Tonnen
1868 . . .	435 754 „	1870 . . .	565 234 „

1862 wurden 6 058 780 Centner Koksroheisen,
72 220 „ Holzkohlenroheisen,
4 741 200 „ Gufswaren
in Belgien erzeugt. 1866 wurden nur noch 3000 Tonnen Roheisen mit Holzkohlen geschmolzen.

1870 wurden aufser der oben angegebenen Menge von Roheisen erzeugt:

Gufswaren	67 045	Tonnen
Stabeisen	491 563	„
Blech und Draht	30 952	„
Stahl	9 562	„

Das Bessemerwerk zu Seraing hatte 1869 2 Konverter zu 5 und 7 Tonnen[1]). Das Roheisen wurde in zwei Kupolöfen umgeschmolzen, einem gewöhnlichen und einem Woodwardschen. Man verarbeitete hauptsächlich englisches Hämatitroheisen und deutsches Spiegeleisen. Das Spektroskop gab den richtigen Moment für die Beendigung des Prozesses an. Der Bessemerstahl wurde teils für den Maschinenbau (besonders für Gesteinsbohrmaschinen, Gebläse- und Schiffsmaschinen), für Lokomotiv- und Wagenbau (Achsen, Bandagen, Räder, Kurbelzapfen, Federn, Kurbeln), für Kesselblech und für Feuerwaffen verwendet.

In **Luxemburg** wurden die ungeheuren Eisenerzschätze erst spät im Lande selbst verhüttet. 1865 zählte man 15 betriebene, 3 im Bau begriffene und 10 nicht betriebene Hochöfen. Es waren dies meistens alte Holzkohlenöfen. Unter den erstgenannten 18 Hochöfen waren nur sechs von gröfseren Dimensionen und einer Produktionsfähigkeit von 30 bis 40 Tonnen pro Tag; alle übrigen waren umgeänderte Holzkohlenhochöfen. Seit 1866 stieg aber die luxemburgische Roheisenproduktion bedeutend und machte 1867 bereits den westfälischen Hütten Konkurrenz. Allerdings war das Roheisen durch seinen hohen Phosphorgehalt minderwertig.

Die Roheisenerzeugung betrug:

1868	95 000	Tonnen
1869	122 000	„
1870	128 000	„

[1]) Siehe Dürre in Preufs. Zeitschr. 1870, S. 262.

Digitized by Google

Die Eisenerzförderung belief sich dagegen im Jahr 1870 auf 1 100 000 Tonnen, mehr als das doppelte der von 1865.

In Holland zählte man 1860 vier Eisenhütten, welche jährlich etwa 3 Millionen Kilogramm Roheisen aus Raseneisenstein erbliesen.

Deutschland 1861 bis 1870.

Deutschland machte in den sechziger Jahren rühmliche Anstrengungen zur Hebung seiner Eisenindustrie, und dafs es darin Erfolg hatte, beweist die Thatsache, dafs es Frankreich überflügelte und sich dauernd die dritte Stelle in der Reihe der Eisen erzeugenden Länder errang und nur noch von England und den Vereinigten Staaten in der Produktion übertroffen wurde. Anlafs hierfür war die grofsartige Entwickelung des Bessemerverfahrens. Vor allem war es Preufsen, welches diesen Erfolg errang und sich in der Stahlindustrie sogar den zweiten Platz erwarb.

Die Politik und die kriegerischen Ereignisse übten einen nicht unbedeutenden Einflufs auf die Entwickelung der Eisenindustrie aus.

Die Umwandlung der Bewaffnung und die rasch aufeinander folgenden Kriege von 1864, 1866 und 1870 gaben, wenn sie auch zeitweilige Störungen veranlafsten, den Eisenwerken umfangreiche Beschäftigung.

Wichtiger aber wirkten die Erfolge der Kriege für Arbeiten des Friedens, besonders für zahlreiche Eisenbahnbauten.

Mit dem am 2. April 1862 abgeschlossenen deutsch-französischen Handelsvertrage verliefs der deutsche Zollverein das System des Schutzzolles und schlofs sich der Freihandelsbewegung an. Hierzu sah er sich gezwungen durch das Vorgehen von England und Frankreich, durch den englisch-französischen Handelsvertrag und die Handelsverträge, welche Frankreich mit Belgien und Italien schlofs. Er folgte darin nun entschieden einer Richtung, welche Preufsen von Anfang an erstrebt hatte.

Durch den Zollvereinstarif vom 1. Juli 1865 wurde der Zoll für Roheisen auf 0,50 Mark pro Centner, für Stabeisen auf 2,50 Mark pro Centner herabgesetzt. Der neue Tarif, welcher am 1. Oktober 1870 in Kraft trat, ermäfsigte den Roheisenzoll auf 0,25 Mark, den Stabeisenzoll auf 1,70 Mark pro Centner.

Durch den Krieg vom Jahre 1866 wurde der alte Zollverein aufgehoben, indem eine Anzahl seiner Glieder, besonders Hannover, Kur-

Digitized by Google

hessen und Nassau mit Preufsen vereinigt und die übrigen Staaten nördlich der Mainlinie in den Norddeutschen Bund aufgenommen wurden. Diese bildeten in der Zollgemeinschaft mit den süddeutschen Staaten die Fortsetzung des früheren Zollvereins.

Die Eisenproduktion des Zollvereins und der Zollvereinsstaaten bis zum Jahre 1870 ist in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt.

Hochofenproduktion der Zollvereinsstaaten 1861 bis 1870.

In Tonnen.

	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1870
Preufsen	449 301	526 076	636 679	705 967	771 903	803 552	1 155 091
Bayern	34 792	35 932	32 971	36 204	40 274	46 450	47 957
Sachsen und Thüringen	17 794	22 560	26 995	13 854	15 352	15 380	12 753
Hannover	26 793	30 805	36 950	47 069	62 739	78 695	21 567
Braunschweig (mit Commun.-Harz)	4 044	9 435	11 869	9 677	11 222	4 517	
Kurfürstentum Hessen	6 366	8 284	8 248	7 028	6 135		
Grossherzogtum Hessen	7 242	6 985	8 570	10 889	12 073	12 829	12 244
Nassau	18 790	22 788	26 083	28 526	25 374	35 184	—
Württemberg	11 306	10 295	8 562	9 590	9 995	10 376	10 085
Baden	3 671	5 036	4 443	4 514	2 114	3 618	—
Luxemburg	7 380	13 140	17 000	27 000	27 312	46 465	129 441
Die übrigen Staaten	4 113	5 014	9 185	4 340	3 334	4 749	1 986
Zusammen	591 592	696 350	812 555	904 658	987 827	1 061 815	1 391 124

Hochofenproduktion 1861 bis 1870.

Nach Sorten und Wert.

	Roheisen in Masseln Tonnen	Rohstahleisen Tonnen	Gusswaren aus Erzen Tonnen	Zusammen Tonnen	Werth in Millionen Mark
1861	531 786	10 685	49 121	591 592	56,29
1862	634 121	11 572	50 657	696 350	60,54
1863	730 574	22 398	59 583	812 555	69,94
1864	808 145	39 506	57 008	904 658	75,37
1865	882 847	50 590	54 755	988 192	82,59
1866	948 507	48 230	50 216	1 047 053	84,57
1867	960 806	71 357	126 444	1 158 607	83,44
1868	1 124 804	75 384	64 160	1 264 348	91,69
1869	1 213 330	143 635	56 065	1 413 030	105,97
1870	1 217 220	129 442	44 463	1 391 124	99,17

Digitized by Google

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Aus Roheisen wurden 1861 bis 1869 dargestellt:

	Gusswaren Tonnen	Stab- und Walzeisen. Schienen Tonnen	Eisenblech Tonnen	Draht Tonnen	Stahl Tonnen	Im Ganzen Tonnen	Wert in Millionen Mark
1861	120 869	354 745	43 255	22 778	34 259	575 906	149,23
1862	131 929	413 173	52 818	28 004	40 916	666 840	172,07
1863	168 190	435 759	61 231	31 682	54 250	751 112	185,33
1864	190 737	464 375	69 300	35 067	71 359	830 838	213,71
1865	198 691	493 227	78 164	34 636	99 543	904 261	242,12
1866	175 948	483 544	70 180	27 752	114 434	871 858	231,98
1867	189 000	540 375	69 507	31 641	122 591	953 114	244,81
1868	202 171	614 598	91 485	45 385	122 837	1 076 476	270,85
1869	239 900	742 029	98 686	45 360	161 319	1 287 294	317,65
1870	235 430	740 831	86 767	44 290	169 957	1 277 270	289,30

Stahlerzeugung des deutschen Zollvereins 1861 bis 1869.

	Zahl der Stahlwerke	Produktion Tonnen	Wert in Millionen Mark	Arbeiterzahl
1861	167	34 259	16,476	4 938
1862	185	40 916	18,544	6 161
1863	177	54 250	23,200	9 482
1864	170	71 359	34,821	10 756
1865	169	99 543	48,897	12 947
1866	215	114 434	57,938	12 821
1867	214	122 591	58,248	12 201
1868	203	122 837	57,646	11 415
1869	206	161 829	67,979	57 646

Produktion, Einfuhr, Ausfuhr und Verbrauch von Roheisen im Zollverein 1861 bis 1870.

Jahr	Produktion Tonnen	Einfuhr Tonnen	Ausfuhr Tonnen	Verbrauch Tonnen
1861	591 593	178 971	62 756	707 808
1862	696 350	200 539	74 962	821 927
1863	812 555	204 444	75 182	941 817
1864	904 658	155 744	94 322	966 080
1865	988 191	218 829	75 503	1 131 517
1866	1 046 954	233 574	99 876	1 180 652
1867	1 113 606	165 576	129 807	1 149 375
1868	1 264 347	192 902	262 649	1 194 602
1869	1 413 030	263 837	302 480	1 374 387
1870	1 391 124	297 787	291 023	1 397 888

Man ersieht daraus, dafs sich die Eisenproduktion bis 1866 nahezu und bis 1870 mehr wie verdoppelt hat. Die Stahlerzeugung Deutschlands stieg 1861 bis 1869 um das $4^{3}/_{4}$fache. Die Eisenbahnen nahmen 1860 bis 1869 von 1965 bis zu 3449 Meilen an Länge zu, womit Deutschland England überholt hat. Der Roheisenverbrauch betrug in der Zeit von 1866 bis 1869 auf den Kopf der Bevölkerung durchschnittlich 66,1 kg.

Die Beteiligung der einzelnen Staaten des Zollvereins an der Roheisenproduktion ist in der Tabelle S. 254 bereits mitgeteilt. Preufsen hatte daran weitaus den gröfsten Anteil. Ueber die übrigen Zollvereinsstaaten genügen einige kurze Bemerkungen.

Bayern hatte 1861 in seinen drei Bergamtsbezirken München, Bayreuth und Zweibrücken folgende Produktion:

	München Tonnen	Bayreuth Tonnen	Zweibrücken Tonnen	1861 Zusammen Tonnen	1869 Zusammen Tonnen
Roheisen	1934	28 477	15 334	45 745	124 463
Gufswaren aus Erzen	1321	2 461	1 346	3 828	3 827
Gufswaren aus Roheisen	3633	2 373	1 384	7 390	7 391
Stab- und Walzeisen, Schienen	3006	37 501	22 747	63 254	63 304
Eisenblech	—	—	309	309	309
Eisendraht	—	—	1 272	1 272	1 271
Stahl	—	2 000	—	2 000	2 000
Zahl der Hochöfen	6	57	12	75	—
„ „ Frischfeuer	32	90	18	140	—
„ „ Puddlingsöfen	8	19	22	49	—
Zahl der Schweifsöfen	8	15	15	38	—
„ „ Kupolöfen	6	20	5	31	—
„ „ Flammöfen	7	17	2	26	—

Die Produktionszunahme in den sechziger Jahren entfällt zumeist auf die Eisenindustrie des Steinkohlengebietes der westlichen Rheinpfalz (St. Ingbert).

Das Königreich Sachsen erreichte 1863 seine höchste Produktion an Roheisen in dieser Periode mit 15 399 Tonnen. 1861 hatte es produziert: Roheisen 6561 Tonnen, Rohstahleisen 3250 Tonnen, Gufswaren aus Erzen 1794 Tonnen.

1869 betrug die Produktion des Königreichs Sachsen:

an Roheisen . . . . 5 702 Tonnen
„ Gufswaren aus Erzen . . . . . 1 795 „

Digitized by Google

an Gufswaren aus Roheisen	5 008	Tonnen
„ Walzeisen	22 477	„
„ Blech	234	„
„ Stahl	9 485	„

An der Stahlerzeugung hatte das Gufsstahlwerk Döhlen, welches 1862 in London mit einer umfangreichen Ausstellung auftrat, den Hauptanteil.

Zu den Eisenwerken des Königreichs Hannover gehörte von den Harzer Hütten die Königshütte, Steinrennerhütte, Rothehütte, Altenauer-, Lerbacher- und Sollingerhütte und das Silberaaler Frischwerk. Die Produktion der hannoverschen Eisenwerke betrug im einzelnen vom 1. Juli bis 1. Juli:

	1860/61 Tonnen	1861/62 Tonnen
Roheisen	5573	4370
Gufswaren	2023	2289
Stabeisen	1380	1697
Reck- und Walzeisen	584	489
Draht	44	43
Wagenachsen	27	26
Rohstahl (Puddelstahl der Königshütte)	11	21
Gufsstahl (Sollingerhütte)	24	36

1858 war die Gründung der Georgs-Marienhütte bei Osnabrück erfolgt (Bd. IV, S. 987).

1864 wurde von den Herren Röhrig, Fehland & Co. in Braunschweig die Ilseder Hütte bei Peine zur Ausbeutung des mächtigen Lagers oolithischer Eisenerze, die zwar leichtschmelzig, aber sehr phosphorreich waren, gegründet. 1865 kamen zwei Hochöfen in Betrieb, welche die für deutsche Verhältnisse unerhörte Produktion von 80 000 kg den Tag erreichten. Im Jahre 1866 wurde die Hüttenbahn Peine-Ilsede eröffnet und mit dem Bau eines dritten Hochofens begonnen.

Nach der Annexion Hannovers durch Preufsen suchte letzteres die ihm zugefallenen Harzer Hütten zu verkaufen, was ihm auch gegen Ende der sechziger Jahre gelang.

Die Eisen- und Stahlerzeugung der übrigen Zollvereinsstaaten betrug im Jahre 1869:

	Roheisen Tonnen	Gufswaren aus Erzen Tonnen	Gufswaren aus Roheisen Tonnen	Walzeisen Tonnen	Stahl Tonnen
Luxemburg	124 039	1485	—	—	—
Württemberg	26 073	3536	2389	12 629	356
Baden	9 038	—	5773	3 242	—
Grofsherzogtum Hessen	15 585	1269	37	115	—
Thüringen	2 225	154	681	889	45
Mecklenburg	1 477	—	1477	—	—
Oldenburg	9 642	545	2494	6 603	—

Die grofsartige Entwickelung, welche die Eisenindustrie Preufsens genommen hat, gereicht der Staatsregierung und den Gewerken zu hohem Ruhme. Wenn der preufsische Staat sich in dem Kriege vom Jahre 1866 die Führerrolle in Deutschland endgültig erkämpft hat, so hatte es denselben schon vorher sich verdient durch seine Leistungen auf wirtschaftlichem Gebiete. Seine Eisenindustrie war längst zum Vorbild für die übrigen deutschen Staaten geworden. Preufsen hatte sich von den Fesseln der Vergangenheit freigemacht und im modernen Geiste seine Eisenindustrie umgewandelt und fortentwickelt. Vor allem hatte es die hohe Bedeutung des Stahls für die Entwickelung der Eisenindustrie frühzeitig erkannt. In Preufsen wurde die Fabrikation des Puddelstahls zuerst erfunden und zu einem praktischen Betriebe entwickelt.

Das Genie Alfred Krupps hob die Gufsstahlfabrikation Preufsens zu ungeahnter Höhe und stachelte die Energie anderer Industrieller zur Nacheiferung an. Krupp war es auch, der zuerst das Bessemerverfahren in Deutschland einführte. Ihm folgten bald andere Werke nach, so dafs Preufsens Flufseisenerzeugung rasch an Umfang und Bedeutung wuchs.

Es ist von Interesse, das Wachstum der preufsischen Industrie durch einige Rückblicke zahlenmäfsig zu erläutern.

Dampfmaschinen[1]) wurden in den Hütten und metallurgischen Fabriken (einschliefslich der Maschinenbauanstalten) in Preufsen verwendet:

1837	62	Dampfmaschinen	mit	1 281	Pferdekräften
1846	208	„	„	4 857	„
1855	622	„	„	16 004	„
1858	1117	„	„	29 700	„

[1]) Nach Berghauptmann D. Huyfsen

Digitized by Google

1861 zählte man im Berg-, Hütten- und Salinenbetriebe einschliefslich des Maschinenbaues 2522 Dampfmaschinen mit 81 165 Pferdekräften.

Die Roheisenproduktion in den wichtigsten Bergamtsbezirken und im ganzen preufsischen Staate zeigt folgendes Wachstum (nach Serlo):

	Bergamtsbezirk Oberschlesien	Bergamtsbezirk Dortmund	Bergamtsbezirk Bonn	Ganz Preufsen
1840	884 542	138 100	1 047 625	2 169 286
1851	1 210 658	149 641	1 237 822	2 626 193
1861	1 924 783	2 911 769	3 528 828	8 402 386
1867	3 793 994	5 578 370	6 330 492	15 732 896

Die Stahlproduktion betrug an Wert 1860 3 Millionen, 1865 $15^1/_4$ Millionen Thaler.

Dieser gewaltige Aufschwung war in erster Linie die Folge der technischen Fortschritte, die wir im allgemeinen Teile geschildert haben.

Die Entwickelung der Eisenindustrie in den sechziger Jahren, welche die der früheren Jahrzehnte weit hinter sich liefs, wird erläutert durch nachfolgende statistische Tabellen.

Uebersicht der Eisenproduktion in Preufsen von 1861 bis 1870.

Jahr	Hochofenproduktion Tonnen	Schmiedeeisen, Blech und Draht Tonnen	Stahl Tonnen
1861	449 339	345 426	29 448
1862	526 077	404 020	35 798
1863	636 679	433 604	49 197
1864	705 967	472 155	66 588
1865	771 903	508 195	93 819
1866	803 552	478 623	108 473
1867	915 668	554 267	117 409
1868	1 053 260	651 301	117 371
1869	1 180 579	762 503	142 385
1870	1 155 591	750 957	152 609

Digitized by Google

Hochofenproduktion in Preufsen 1861 bis 1870.

Jahr	Roheisen Tonnen	Gufswaren Tonnen	Zusammen Tonnen	Hiervon wurden erblasen mit Koks Proz.	mit Holzkohlen Proz.	mit gemischtem Brennmaterial Proz.
1861	420 119	29 220	449 339	70,9	16,2	12,9
1862	499 592	26 484	526 076	76,3	12,3	11,4
1863	602 548	34 131	636 679	79,5	10,8	9,7
1864	674 134	31 832	705 966	80,6	10,7	8,7
1865	740 223	31 680	771 903	82,8	7,8	9,4
1866	776 451	27 101	803 552	85,9	6,7	7,4
1867	882 771	32 897	915 668	86,2	8,5	5,3
1868	1 013 809	39 451	1 053 260	88,2	7,6	4,2
1869	1 138 738	41 841	1 180 579	87,6	6,5	5,9
1870	1 123 422	32 169	1 155 591	91,0	6,0	3,0

Hochofenproduktion in den einzelnen Oberbergamtsbezirken Preufsens.

	1861 Tonnen	1864 Tonnen	1867 Tonnen	1870 Tonnen
Breslau	108 432	153 049	198 579	247 320
Halle . . . . (Brandenburg-Sachsen)	4 788	4 173	3 466	2 904
Dortmund	103 875	202 672	325 696	309 534
Bonn	232 244	345 673	354 772	489 478
Clausthal . . . . (Hannover etc. aus 1867)	—	—	—	106 355
Summa	449 339	705 967	915 668	1 155 591

Gufswarenerzeugung in Preufsen 1861 bis 1870.

Jahr	Gufswaren I. Schmelzung Tonnen	Gufswaren II. Schmelzung Tonnen	Zusammen Tonnen
1861	29 220	88 031	117 251
1862	26 484	98 663	125 147
1863	34 132	129 207	163 339
1864	31 832	147 937	179 769
1865	31 680	155 752	187 432
1866	27 101	138 896	165 997
1867	32 897	164 824	197 721
1868	39 451	177 356	216 807
1869	41 841	210 544	252 385
1870	32 169	204 687	236 856

Digitized by Google

Das Verhältnis der Gufswaren betrug:

	1861	1870
I. Schmelzung	24,9 Prozent	13,6 Prozent
II. „	75,1 „	86,4 „

Der Zuwachs der Gufswarenproduktion durch die neuen Landesteile betrug 1867 23 344 Tonnen.

Stabeisenproduktion in Preufsen 1861 bis 1870.

Jahr	Stabeisen mit Steinkohlen Tonnen	Schienen etc. mit Holzkohlen Tonnen	Blech Tonnen	Draht Tonnen	Zusammen Tonnen
1861	262 817	23 872	37 662	21 075	345 426
1862	309 772	21 228	46 847	26 173	404 020
1863	329 137	18 835	55 843	29 789	433 604
1864	358 083	18 127	62 950	32 995	472 155
1865	390 370	13 924	70 814	33 087	508 195
1866	377 494	99 113	64 963	26 251	478 623
1867	443 469	15 477	63 724	31 597	554 267
1868	507 764	14 947	85 014	43 579	651 301
1869	613 011	14 713	91 816	42 963	762 503
1870	613 731	14 169	80 861	42 196	750 957

Das Verhältnis der Stabeisenproduktion mit Holzkohlen zu der mit Steinkohlen betrug:

	1861	1870
Holzkohleneisen	8,33 Prozent	2,26 Prozent
Steinkohleneisen	91,67 „	97,74 „

Die Zunahme der Stabeisenproduktion durch den Anschlufs der neuen Landesteile betrug 1867 6752 Tonnen.

Stahlerzeugung in Preufsen 1861 bis 1870.

Jahr	Rohstahl (Frisch-Cement-Puddelstahl) Tonnen	Gufs- und Flufsstahl Tonnen	Gärbstahl Tonnen
1861	18 952	10 496	4299
1862	22 065	13 733	3931
1863	28 975	20 221	3442
1864	30 792	35 795	3270
1865	29 864	63 955	3712
1866	29 258	79 215	4522
1867	33 559	83 850	4738
1868	29 151	88 220	4987
1869	39 613	102 772	6981
1870	32 088	120 521	5293

Das rasche Wachstum der Gufsstahlerzeugung ist durch die regelmäfsige Erzeugung von Bessemerstahl seit 1864 veranlafst; 1865 produzierte die Hermannshütte bei Hörde hiervon bereits 2646 Tonnen.

Die Produktionsvermehrung zwischen 1866 und 1867 ist zum Teil durch die Vergröfserung des preufsischen Staates infolge des Krieges vom Jahre 1866 veranlafst.

Die Produktion der neuen Landesteile betrug:

	1867 Ctr.	1868 Ctr.
Roheisen	2 066 565	2 645 278
Schmiedeeisen	135 062	170 893
Stahl	17 547	14 548

In Oberschlesien ging der Staat, als Besitzer der wichtigsten und gröfsten Eisenhüttenwerke, mit rühmlichem Beispiel in der Einführung neuer Verbesserungen vor. Gewöhnlich war es die Königshütte, auf welcher die Prüfung neuer Einrichtungen vorgenommen wurde. Wir haben schon im allgemeinen Teile ausgeführt, wie die dortigen Versuche, den Hochofenbetrieb mit Steinkohle einzuführen, keinen Erfolg hatten, und wie es erst nach längerer Zeit und nach Überwindung vieler Schwierigkeiten gelang, das Bessemerverfahren einzuführen.

Die Königshütte, von der E. Dürre 1861 eine genaue Beschreibung veröffentlichte [1]), hatte in diesem Jahre ihre sechs Hochöfen im Betriebe. Man hatte die Pressung von $2^1/_2$ auf 4 Pfund pro Quadratzoll und die Windtemperatur von 80 auf 180° R. gesteigert. Über die Stabeisenerzeugung auf der Königshütte erschien im folgenden Jahre ein längerer Aufsatz in der Berg- und Hüttenmännischen Zeitung.

Ein anderes neu eingerichtetes grofses Hüttenwerk war die Hubertushütte von Thiele-Winkler, welche ebenfalls sechs Kokshochöfen hatte. Diese waren, wie die der Königshütte, nach belgischem Muster zugestellt. Der Schacht war nicht von Ringbändern zusammengehalten, sondern von einem starken Rauhmauerwerk; das Gestell war aus Masse gestampft, Obergestell und Rast aus feuerfesten Steinen hergestellt [2]). Auf der Vorwärtshütte zu Hermsdorf in Niederschlesien verhüttete man mit Erfolg Magneteisensteine mit Koks zu einem sehr

[1]) Berg- u. Hüttenm. Ztg., 1861, Nr. 31 u. 38.

[2]) Siehe Studienreise der Studierenden des Königlichen Gewerbeinstituts in Berlin durch die Provinz Schlesien unter Führung von Professor Wiebe 1858. In den Verhandlungen des Vereins für Gewerbefleifs, Jahrgang 1859.

Digitized by Google

festen Giefsereieisen, das sich aber auch zur Stahlfabrikation eignete. Auf der Redenhütte wurde 1861 ein neues Walzwerk erbaut, dessen Flammofen mit Treppenrosten für Kleinkohlenfeuerung eingerichtet wurde.

Schon 1863 stellte Zander es bereits als Ziel der oberschlesischen Stahlindustrie hin, einen billigen Massengufsstahl durch Umschmelzen von Puddeleisen im Flammofen zu erzeugen, wie solches zu Montataire in Frankreich versucht worden war. „Zu wesentlicher Ersparung würde es führen, wenn man den Flammofen mit der Siemensschen Regeneratorgasfeuerung versähe und die Dauer der Öfen durch Anwendung von Quarzziegeln (Dinas) erhöhen würde." Man sieht, die Erfindung des Martinverfahrens lag auch in Deutschland bereits in der Luft. 1865 wurde zur Einführung des Bessemerprozesses auf der Königshütte geschritten.

Um diese Zeit begann man auch bei dem Hochofenbetriebe in Oberschlesien auf Massenerzeugung hinzuarbeiten, zu welchem Zwecke man die Öfen gröfser baute und stärkere Gebläsemaschinen aufstellte. Oberberghauptmann Krug von Nidda gab hierzu die Anregung und dienten die neueren englischen Öfen als Vorbild. 1866 wurde der erste Hochofen mit gröfseren Dimensionen, der mit einem Blechmantel versehen war, angeblasen. Die Produktion der neuen Hochöfen betrug 1868 das Dreifache gegen 1858. Die Massenproduktion von Puddelroheisen wurde wesentlich gefördert durch die umfangreiche Verschmelzung von Puddel- und Schweifsschlacke im Hochofen. Einer der Hochöfen „Krug von Nidda" ging auf Bessemerroheisen und erblies im Monat September 1867 222 Tonnen die Woche. Um diese Zeit gründete A. Borsig in Berlin das Borsigwerk bei Biskupitz. Die ersten zwei grofsen Hochöfen hatten je sieben eiserne Säulen, die den Tragkranz trugen und waren ebenfalls mit Blechmänteln versehen. Zu Donnersmarkhütte produzierte 1868 ein Hochofen 3596 Centner die Woche im Jahresdurchschnitt.

Während sich Ende der fünfziger Jahre die Roheisenerzeugung mit Holzkohle und mit Koks noch die Wage gehalten hatten, war Ende der sechziger Jahre der Sieg der Steinkohlen über die Holzkohlen entschieden. Ende der fünfziger Jahre zählte man 45 Holzkohlenhochöfen und 32 Kokshochöfen, welche 844 512 Centner Holzkohlenroheisen, 886 792 Centner Koksroheisen und 103 351 Centner mit gemischtem Brennmaterial erzeugten.

In Berlin war zu Anfang der sechziger Jahre die Bergakademie ins

Digitized by Google

Leben getreten. 1862 zählte man daselbst 25 Eisengiefsereien, die 800 Arbeiter beschäftigten und jährlich etwa 3 Millionen Centner Gufswaren lieferten [1]). Ende Mai 1862 wurde das Gufsstahlwerk von Borsig zu Moabit bei Berlin vollendet.

Bemerkenswert war auch die überhandnehmende Verwendung des Eisens zum Bau der Häuser in Berlin, welche durch die Errichtung des Achardschen Stiftshauses der französischen Kolonie, bei dem 30 gufseiserne Säulen und 220 eiserne Tragebalken verwendet worden waren, eingeführt wurde.

Der neue Hochofen der Mathildenhütte bei Harzburg hatte 1869 eine Tagesproduktion von 50000 Pfund.

In den westlichen Provinzen hatte zunächst die Eisenindustrie des Siegerlandes einen ganz neuen Impuls bekommen durch die Wichtigkeit, welche das Spiegeleisen für die Bessemerproduktion plötzlich erlangt hatte. Die Nachfrage wuchs von Jahr zu Jahr. Siegerländer Spiegeleisen wurde ein Weltartikel. In seiner Verwendbarkeit für den Bessemerprozefs übertraf es alle ähnlichen Produkte hauptsächlich durch seinen hohen Mangangehalt. Durch die Ausfuhr von Spiegeleisen und durch die Eröffnung zweier Eisenbahnen, der Deutz-Giefsener und der Ruhr-Siegbahn 1860/61, wurde das abgeschlossene Siegerland mit seinen altertümlichen Gewohnheiten plötzlich dem Weltverkehr und Welthandel erschlossen. Die eigenartige Bergwerks- und Hüttenverfassung dieses Gebietes haben wir früher wiederholt ausführlich geschildert.

Trotz der am 17. Januar 1845 in Preufsen eingeführten Gewerbefreiheit bestand die monopolistische Beschränkung in dem Eisengewerbe im Siegerlande fort. Jede Hütte durfte ursprünglich nur 62, jeder Hammer nur 240 Tage im Jahre im Betriebe erhalten werden. Infolge von Konsolidationen hatten einzelne Hütten ihre Betriebszeit bis auf 186 Tage ausgedehnt. Nachdem Nassau-Siegen durch den Wiener Frieden an Preufsen gefallen war, wurden durch das preufsische Regulativ vom 20. Juni 1819 die Bestimmungen der Kurbriefe der Eisenmassenbläser, Stahlmassenbläser, der Eisenschmiede- und Stahlschmiedezünfte bestätigt. Eine Erleichterung trat durch die revidierte Hütten- und Hammerordnung vom 25. Januar 1830 insofern ein, als die Umwandlung von Hammertagen in Hüttentage gestattet wurde. Die grofsen Beschränkungen, welche diese vererbten Rechte und Gesetze der Siegerländer Industrie auferlegten, wurden schmerzlicher

[1]) Siehe Dürre, Berg- u. Hüttenm. Ztg., 1862, Nr. 1, 3 u. 4.

Digitized by Google

wie je zuvor empfunden, nachdem die Eisenbahnen das Gebiet dem Weltverkehr erschlossen und die Kokszufuhr aus dem Ruhrgebiete erleichtert hatten. Der Zweck der Beschränkungen war die Schonung der Wälder gewesen; sobald man zu Koksbetrieb überging, hatten sie keinen Sinn mehr und waren eigentlich auch nicht mehr rechtsverbindlich; trotzdem erhielten sie sich aus uralter Gewohnheit. Man erhoffte die förmliche Aufhebung der alten Hütten- und Hammerordnungen durch das neue in Beratung begriffene preufsische Berggesetz, und man sah mit Ungeduld der Einführung desselben entgegen. Diese zog sich lange Zeit hin, erst am 25. Juli 1865 trat endlich das neue Berggesetz in Kraft und damit eine neue Ära für die Siegensche Eisenindustrie.

Schon einige Jahre zuvor (1862) hatten die Gewerken der Eisenhütte bei Niederschelden einen Kokshochofen nach modernen Grundsätzen zu Charlottenhütte erbaut, nachdem es J. H. Dresler auf der Heinrichshütte bei Hamm an der Sieg gelungen war, sogar Spiegeleisen mit Koks zu erzeugen. Auf der Heinrichshütte führte man auch den Langenschen Gasfang ein. Auf der Charlottenhütte legte man grofsen Wert auf die Gestellkühlung. Der Hochofen der Charlottenhütte lieferte 1864 30000 kg Spiegeleisen oder 35000 kg Roheisen in 24 Stunden.

Gegen Ende der alten Zeit veröffentlichte der bekannte französische Hütteningenieur Jordan eine interessante Studie über das Siegerland[1]), zu der er angeregt wurde durch die Aufmerksamkeit, welche besonders seit der Weltausstellung in London 1862 das siegensche Spiegeleisen erregte und durch den Wunsch, die Fabrikation desselben auch in Frankreich einzuführen. Nach diesem Bericht waren 1863 17 Hochöfen im Siegerlande im Betriebe, welche 28050 Tonnen Roheisen und 7550 Tonnen Spiegeleisen produzierten, aufserdem wurden erzeugt 1730 Tonnen Eisengufswaren, 14900 Tonnen Stabblecheisen und Rohstahl, 4150 Tonnen Schwarzblech und 2550 Tonnen Eisendraht[2]). Die Hütten bei Müsen erzeugten 1862/63 3813 Tonnen Rohstahleisen (Spiegeleisen), 233 Tonnen Puddel- und 64 Tonnen Rohstahl.

In Westfalen arbeitete man 1861 noch vielfach mit gemischtem Brennmaterial, d. h. einem Gemenge von Koks und Holzkohlen.

---

[1]) Siehe Jordan, État actuel de la Métallurgie du Fer dans le Pays de Siegen (Prusse), 1864.

[2]) Vergl. auch Mafse der Eisen- und Stahlhütten im Siegerland in 1862. Berggeist, 30. Januar 1866.

Hörde war, da **Krupp** in Essen seinen Betrieb geheim hielt, das mafsgebendste Werk an der Ruhr. Es war auch zuerst, nach **Krupp**, mit der Einführung des Bessemerverfahrens vorgegangen. 1863 war der sechste Hochofen auf dem Hörder Werk erbaut und mit dem Bau des Bessemerwerkes begonnen worden, und am 22. April 1864 wurde hier die erste Charge erblasen. Am 6. Februar 1866 starb H. G. **Vincenz von Hoff**, der verdienstvolle Begründer und Leiter der Hörder Hütte. 1865 wurde die Hochofenhütte von Born bei Dortmund in Betrieb gesetzt und das Bochumer Bessemerwerk gebaut. 1867 zählte man im ganzen Kreise Arnsberg nur noch fünf Frischfeuer. 1868 wurde die neue Bessemeranlage der Hermannshütte zu Hörde mit drei Konvertern nach den Plänen von R. **Daelen** erbaut. Das Roheisen wurde nicht mehr in Flammöfen, sondern in Kupolöfen umgeschmolzen.

Über die grofsartigen Leistungen der **Gufsstahlfabrik** von **Krupp** in Essen haben wir das Wichtigste bereits mitgeteilt. Das Wachstum der Fabrik in diesem Zeitraume ergiebt sich aus nachfolgenden Ziffern.

Jahr	Produktion an Gufsstahl Mill. kg.	Arbeiterzahl	Schmelz-, Glüh- und Konverteröfen	Dampfmaschinen	Dampfhämmer
1860	4	1764	161	17 von 200 bis 300 Pfdkr.	11
1861	5	2136	—	—	—
1862	$6^1/_2$	2464	—	—	—
1863	$12^1/_2$	5500	195	65 von 1083 Pferdekr.	24 (1 von 1000, 1 von 400 Ctr. Fallgewicht)
1864	27	6693	350	136 „ 3160 „	34
1865	50	8187	400	160 „ 5843 „	39
1867	62,5	6869	418	231 „ 8196 „	51 (2995 Ctr. Fallgewicht)
1869	65,1	6318	480	245	—

An Werkzeugmaschinen zählte man 1867 322 Drehbänke, 133 Hobelmaschinen, 65 Freibänke, 92 Bohrbänke, 85 Schleifbänke und 40 verschiedene.

Die Stadt Essen zählte 1852 10475 Einwohner, 1861 20776 und 1864 31327 Einwohner. 1861 war der 1000 Centner-Hammer (Fritz) in Betrieb gekommen, 1862 die Bessemeranlage mit vier Konvertern zu $2^1/_2$ Tonnen, 1864 das Stahlschienenwalzwerk mit 16 Glühöfen und einer Maschine von 400 Pferdekräften; in demselben Jahre kam

Digitized by Google

das mächtige Plattenwalzwerk mit einer Walzenzugmaschine von 1000 Pfdkr., einem siebenfüfsigen Trio für schwere Bleche und einer schweren Kaliberwalze für Stahlblöcke, deren Produktion 1864 schon 10 000 Tonnen betrug, in Betrieb. In demselben Jahre legte Krupp seine erste Arbeiterkolonie mit 160 Wohnungen an.

1868 erwarb Krupp die Steinkohlenzeche Hannover; 1869 wurden die ersten Stahlschmelzöfen mit Siemens' Regenerativfeuerung angelegt. Ein wichtiges Ereignis für die Entwickelung der Kruppschen Stahlwerke war die Erwerbung der altberühmten Saynerhütte vom preufsischen Staat zugleich mit der Mühlhofener Hütte, dem Oberhammer und den Horhauser Bergwerken am 24. März 1864. Krupp war mit dem Bochumer Verein höchster Bieter und erhielt den Zuschlag zum Preise von einer halben Million Thaler. Dadurch wurde Krupp in die Lage gesetzt, sein Spiegeleisen und Puddelstahleisen selbst zu fabrizieren.

Die zum rheinischen Oberbergamtsbezirk gehörigen Saar- und Moselhütten bezogen 1864 noch den gröfsten Teil der in Luxemburg geförderten Minette und verschmolzen davon 60 bis 80 Prozent in der Beschickung. Die Eisenhütten in Luxemburg waren damals noch unbedeutend.

Die Eröffnung des Saarkanals im Jahre 1866 erleichterte den Bezug der lothringischen Minette, infolgedessen die alten Hochwald- und Soonwaldhütten Asbach, Abentheuer und Gräfenbach eingingen, beziehungsweise an die Mosel verlegt wurden. Dafür entstand 1867 eine neue Hochofenhütte mit zwei Hochöfen und ausgedehnter Giefserei zu Halberg, welche 1869 in Betrieb kam. 1864 hatten die Saarhütten mit 13 Hochöfen 1 122 443 Centner Roheisen produziert.

Die Nähnadelfabrikation in Aachen verarbeitete 1864 4600 Centner englischen Stahldraht zu 1000 Millionen Nähnadeln. Es wurden ferner fabriziert 50 000 Pfund Stecknadeln mit Messingköpfen, 120 Millionen kleine und 45 Millionen gröfsere Nadeln mit Glas- und Stahlknöpfen. Diese Industrie beschäftigte 2000 Arbeiter.

Am 1. November 1864 fand die erste Versammlung westfälischer und rheinischer Eisenindustrieller zur Verabredung besserer Preise statt und wurde ein Aufschlag von 2 Thaler für 1000 Pfund beschlossen.

Es hatte in dem ganzen Zeitraum von 1857 bis 1867 ein Sinken der Eisenpreise stattgefunden, und zwar für Roheisen von $18\frac{1}{2}$ Thaler auf 12 Thaler, für Stabeisen von 48 auf 27 Thaler für 1000 Pfund.

1867 war das Eisengeschäft ungünstig beeinflufst durch die politische Lage, speciell durch die von Frankreich aufgeworfene Luxemburger Frage.

Die Bessemerstahlfabrikation hatte in wenigen Jahren eine grofse Bedeutung für Preufsen erlangt und nahm dieser Staat hinsichtlich seiner Produktion 1867 die zweite Stelle ein. Man zählte damals sechs Bessemerwerke mit 22 Konvertern, wie folgende Tabelle zeigt.

Werke	Konverter	Chargen Tonnen	Produktionsfähigkeit pro Woche Tonnen
Krupp in Essen	10	3—4	700
Bochum	4	2 à 3 / 2 à 5	300
Hörde	2	3	100
Pönsgen in Düsseldorf	2	3	100
Königshütte in Schlesien	2	3	100
Oberhausen (im Bau)	2	4	100
	22		1460

demnach 73000 Tonnen im Jahr.

Die wirkliche Produktion im Jahre 1866 hatte aber nicht über 25000 Tonnen betragen.

Auf allen grofsen Industrieausstellungen in diesem Jahrzehnt errang die preufsische Eisen- und Stahlindustrie zahlreiche und ehrenvolle Auszeichnungen. Auf der Dubliner Ausstellung von 1866 erhielten 100 preufsische Aussteller 60 Medaillen.

Mit dem Verkauf der Saynerhütte im Jahre 1864 hatte Preufsen angefangen, sich seines Hüttenbesitzes zu entäufsern. Durch den Krieg vom Jahre 1866 und die Annexion Hannovers war der preufsische Staat Besitzer der Harzer Eisenhütten geworden. Diese befanden sich aber in sehr ungünstiger Lage. Die Stabeisenfabrikation hatte man wegen Kohlenmangel fast aufgeben müssen und der Hochofenbetrieb hatte aus demselben Grunde eingeschränkt werden müssen. Man versuchte die Einführung des Puddelbetriebes mit Steinkohlen und begann die Holzkohlenhochöfen in Kokshochöfen umzubauen, wie dies zu Rothehütte schon vorher geschehen war. Aber die Frachtkosten für Steinkohlen und Koks machten den Betrieb unrentabel. Deshalb beschlofs die preufsische Staatsverwaltung, sich auch dieses Besitzes zu entäufsern und 1868 die vormals hannöverschen Eisenhütten Lehrbacher, Altenauer, Königshütte, Rothehütte und Solingerhütte zu verkaufen.

Digitized by Google

Im Laufe des Jahres 1869 veranlafste der Aufschwung der Eisenindustrie und die dadurch gebotene günstige Gelegenheit, auch das wichtige staatliche Musterwerk, die Königshütte in Oberschlesien, zum Verkauf auszusetzen. Zum Beginn des Jahres 1870 trat der preufsische Staat die Königshütte und die Kreuzburger Hütte an Unternehmer ab.

Für die Entwickelung der Eisenindustrie Preufsens und Deutschlands waren verschiedene gesetzgeberische Akte nach dem Jahre 1866 von Wichtigkeit. Es war dies die Einführung des preufsischen Berggesetzes in den annektierten Staaten, insbesondere in Nassau, Kurhessen, Hannover und Schleswig-Holstein; ferner die Mafs- und Gewichtsordnung für den Norddeutschen Bund am 17. August 1868 und die Einführung der neuen Gewerbeordnung am 21. Juni 1869.

Durch die Annexion von Hannover, Kurhessen, das zu dem Grofsherzogtum Hessen gehörige Hinterland (Kreis Biedenkopf) und Nassau waren viele ältere und neuere Hüttenwerke an Preufsen gefallen, unter diesen besonders die Georg-Marienhütte bei Osnabrück und die Ilseder Hütte bei Peine. Auf letzterer war im August 1865 der Bau eines eigenartigen Hochofens begonnen worden, der aber infolge des Krieges erst am 7. April 1867 angeblasen wurde. Er zeigte Ähnlichkeit mit dem Büttgenbachschen Hochofen, indem er einen dünnwandigen Schacht ohne Blechmantel hatte und der Gichtkranz durch Blechrohre getragen wurde. Die kalkhaltigen oolithischen Erze enthielten etwa $2\frac{1}{2}$ Prozent Phosphorsäure und wurden unter Zuschlag von Schweifsschlacken verschmolzen. Die leichtschmelzende Beschickung ergab ein grofses Durchschlagsquantum und eine hohe Produktion.

Österreich-Ungarn 1861 bis 1870.

Österreichs Eisenindustrie, welche hauptsächlich auf den Holzkohlenbetrieb begründet war, hatte gegenüber der Massenproduktion mit Steinkohlen der vorgenannten Staaten einen schweren Stand. Durch die Einführung und verständige Benutzung der neuen Erfindungen hat sie sich aber ehrenvoll durch diese Krisis hindurchgearbeitet.

Kein geringes Verdienst hierfür gebührt dem sachkundigen, erfahrenen Berater der österreichischen Eisenindustrie Peter Tunner in Leoben, der mit klarem, vorurteilsfreiem Blick das Wertvolle und Dauernde in der Flut der neuen Erscheinungen erkannte und für

aussichtsvolle Verbesserungen und Erfindungen mit der ihm eigenen Wärme und Entschiedenheit eintrat. So erkannte er vor allem die Bedeutung des Bessemerprozesses für Österreich, dessen vortreffliche Erze in den Alpenländern von jeher auf die Stahlfabrikation hinwiesen [1]).

1860 wurden in der österreichischen Monarchie 5 581 338 Centner Roheisen und 4 934 122 Centner Frischeisen erzeugt. 1861 zählte man 234 Hochöfen, daneben auch noch 8 Wolfsöfen. 1862 wurden 5 565 690 Centner Roheisen zum Durchschnittspreise von $3^1/_2$ Gulden der Centner und 652 987 Centner Gufswaren aus Erzen zum Preise von $6^1/_5$ Gulden der Centner erzeugt. v. Mayr in Leoben produzierte 1862 12 000 Centner Gufsstahl und an 20 000 Centner Puddel-, Cement- und Gärbstahl. Bei der Gufsstahlerzeugung verwendete er Braunkohlen und Siemens-Gasöfen. v. Mayr machte bekanntlich als Extrastahl einen harten Manganstahl und einen sehr harten Wolframstahl.

1863 erwarb sich Direktor Moschitz in Rhonitz in Ungarn mancherlei Verdienste um die Verbesserung des Hochofenbetriebes. Er konstruierte geschlossene Formen, Schachtröstöfen, einen Gichtgasfang und benutzte die Hochofengase zum Puddel- und Schweifsofenbetrieb [2]).

1863 erfolgte die denkwürdige Einführung des Bessemerprozesses in Österreich und zwar zu Turrach in Steiermark auf Tunners Anregung (s. S. 135).

Die niedrigen Eisenpreise in England und Deutschland drückten besonders in den Jahren 1864 und 1865 schwer auf die österreichische Eisenerzeugung. Am besten erging es noch den Steinkohlenwerken, wie namentlich dem der Staatseisenbahngesellschaft gehörigen Eisenwerk Reschitza im Banat mit drei Hochöfen und einem bedeutenden Puddel- und Walzwerk, welches 1864 120 000 Centner, darunter 25 000 bis 30 000 Centner Kesselbleche, produzierte [3]). Aufser Reschitza lagen im Banat die Eisenwerke Anina, Dognacska und Bogschan [4]).

1865 wurde der Bessemerprozefs in Neuberg eingeführt. In demselben Jahre schickte Baron Rothschild zwei Ingenieure zu H. Bessemer in Sheffield, um dort den Prozefs zu studieren, und

---

[1]) Siehe Tunner, Bericht über die Londoner Industrieausstellung 1862 und das Bessemern in England, 1863; vergl. ferner das Bessemern in Österreich, von Fr. Münichsdorfer; Österr. Ztg. f. Berg- u. Hüttenwesen 1865, S. 29 etc.

[2]) Siehe Rittingers Erfahrungen für 1863.

[3]) Vergl. Berggeist 1864, S. 355.

[4]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1865, S. 241.

Digitized by Google

legte dann das Bessemerwerk bei Witkowitz an, welches graues Eisen aus Ungarn verarbeitete.

Tunner empfahl 1865 für die österreichischen Alpenländer die Verwendung von Fünfkirchener Koks, sobald die Eisenbahn dahin fertiggestellt sein würde.

1866 gab es bereits folgende Bessemerwerke in Österreich:

	Konverter	Chargen Tonnen	Produktion pro Woche Tonnen
Südbahn zu Graz	2	3	100
Comp. Rauscher zu Heft	3 schwedische Öfen	2 zu 2 1 „ 3	120
Neuberg, Steiermark	2	1 „ 3 1 „ 4	120
Turrach, Steiermark	3	2	60
Wittkowitz	2	3	100
Reschitza	2	5	150
	14		650

also eine jährliche Leistungsfähigkeit von 32 000 Tonnen. 1866 waren aber nicht ganz 10 000 Tonnen Bessemerstahl erzeugt worden.

1866 kam der Krieg mit Preufsen, der für Österreich einen ungünstigen Ausgang hatte und ebenfalls die Eisenindustrie schwer schädigte. Erst im Jahre 1868 begann auch in Österreich wieder eine regere Thätigkeit in den Eisenwerken, besonders in denjenigen mit Steinkohlenbetrieb, wie z. B. Kladno in Böhmen.

Auch die österreichische Staatsregierung entäufserte sich, wie Preufsen, grofsenteils ihres ärarischen Bergwerks- und Hüttenbesitzes. Die Staatswerke zu Hiflau und Eisenerz wurden 1868 verkauft und kamen in den Besitz der als Aktiengesellschaft konstituierten Innerberger Hauptgewerkschaft.

Am 3. Juli 1869 ging auch das dem Staat gehörige Musterwerk zu Neuberg an die Neuberg-Mariazeller Gewerkschaft über. Ebenso verwandelten die vier Besitzer des Hüttenberger Erzberges in Kärnthen ihre Werke in eine Aktiengesellschaft und vereinigten sich mit Prävali als Hüttenberger Hauptgewerkschaft. In Krain entstand die Krainsche Eisenindustriegesellschaft.

Durch diese kapitalkräftigen Gesellschaften wurde eine Anzahl neuer Hochofen- und Walzwerke ins Leben gerufen, so die Hochofenanlage und Raffinierwerk zu Schwechat bei Wien, die Johann-Adolfshütte zu Judenburg in Steiermark, die Walzwerke in Köflach, Wasendorf, Unzmark und St. Michael in Steiermark, das Stahlwerk und

Digitized by Google

Drahtwalzwerk zu Graz, das Eisenwerk zu Liebschütz, der Hochofen zu Rokitzan in Böhmen und andere mehr [1]).

1867 hatte man bereits auf den Mayrschen Stahlwerken bei Leoben Versuche mit dem Siemens-Martinprozefs gemacht, die aber trotz des günstigen Erfolges nicht fortgesetzt worden waren. 1869 bauten aber Barber und Klusemann ein grofses Martinstahlwerk zu Floridsdorf bei Wien, welches die ersten Eisenbahnschienen aus österreichischem Martinstahl lieferte. Um dieselbe Zeit baute man auch Martinstahlöfen in Graz und Neuberg, welche Werke im Herbste 1870 ihre Erstlingsprodukte in Graz ausstellten.

1869 geschah das, was Tunner schon 1865 angeraten hatte, man erbaute im Bahnhof zu Prävali unter Leitung des Direktors Hupfeld einen Kokshochofen von 52 Fufs Höhe, 15 Fufs Weite im Kohlensack und 7 Windformen, und schmolz mit heifsem Wind von 350 bis 400° R. und 4 bis 5 Pfund Pressung mit Fünfkirchener Koks kärnthnerische Erze, wobei man eine Tagesproduktion von 800 Centner erzielte. Dieses Eisen war hauptsächlich für die Massenfabrikation von Eisenbahnschienen bestimmt.

Nachfolgende Tabelle giebt die Übersicht der Hochofenproduktion Österreichs in den sechziger Jahren.

Erzeugung und Verbrauch von Roheisen in Österreich-Ungarn 1861 bis 1870.

Jahr	Roheisenerzeugung			Einfuhr	Ausfuhr	Roheisen-Verbrauch	Länge der Eisenbahnen
	Österreich	Ungarn	Zusammen	auf Roheisen reduziert			
	in Tonnen à 1000 kg						km
1861	230 514	84 879	315 393	16 215	18 597	313 011	5 571
1862	255 520	98 352	353 873	21 806	17 471	358 207	5 623
1863	248 414	108 202	356 616	26 735	16 134	367 217	6 016
1864	202 389	116 661	319 050	25 903	19 789	325 164	6 075
1865	190 981	101 403	292 384	17 145	17 923	291 606	6 434
1866	177 938	106 720	284 658	7 137	25 288	266 507	6 403
1867	214 878	105 555	320 433	19 658	25 245	314 841	6 488
1868	262 630	112 512	375 142	237 447	20 405	592 184	7 628
1869	278 100	127 012	405 112	373 526	19 581	759 057	8 521
1870	278 600	124 383	402 983	371 985	15 464	759 504	10 113

Die Eiseneinfuhr in Österreich betrug in Wiener Centner oder Tonnen zu 1000 kg:

[1]) Stahl und Eisen 1899, S. 674.

Digitized by Google

	1868 W. Ctr.	1869 W. Ctr.	1868 Tonnen	1869 Tonnen
Eisen (Roh- und Brucheisen)	2 627 028	3 038 821	147 114	170 174
Eisen, gefrischt und nicht façoniert	194 637	390 660	10 900	21 877
Eisenbahnschienen	1 084 375	2 287 089	60 725	128 077
Eisenblech und -platten, roh	92 021	104 783	5 153	5 868
Eisenblech und -platten, poliert	1 276	3 747	71,5	210
Radkranzeisen	46 050	69 849	2 579	3 912
Eisen, gefrischt, façoniert	52 476	120 557	2 939	6 751
Eisengufs, grober	56 042	217 579	3 138	12 184
Eisendraht, poliert	254	102	14	5,7
Eisendraht, unpoliert	48 190	45 111	2 699	2 526
Stahl, nicht façoniert	11 989	15 419	671	863
Stahlblech, Platten etc.	6 484	10 198	363	571
Stahlblech, Platten, poliert	28	87	1,6	4,9
Weifsblech	817	815	46	46

Skandinavien 1861 bis 1870.

Die Eisenindustrie von Schweden und Norwegen war ebenfalls auf den Holzkohlenbetrieb angewiesen und zeigte dieser viele Ähnlichkeit mit dem der österreichischen Alpenländer; im ganzen aber stand er nicht auf gleicher Höhe. Es waren meist nur kleine Anlagen, welche mit Wasserkraft betrieben wurden. 1861 zählte man nach A. Meier 230 Hochöfen und 1300 Frischherde. Eine Hütte mit drei Frischfeuern gehörte schon zu den gröfseren. Die Eisenindustrie Schwedens beschäftigte 15 400 Arbeiter, davon 5000 im Eisensteinbergbau. Die schwedischen Öfen hatten meist Massengestelle, deren schmaler Vorherd nur die halbe Breite des Gestells hatte. Der gröfste Teil des erzeugten Eisens wurde als Stabeisen ins Ausland verkauft.

Die Tabelle auf folgender Seite giebt die Übersicht der Eisenproduktion in den sechziger Jahren.

1862 wurden von 229 Hochöfen 221 betrieben, von denen ein jeder durchschnittlich 137 Tage im Betriebe war und $155^1/_2$ Centner Roheisen in 24 Stunden produzierte.

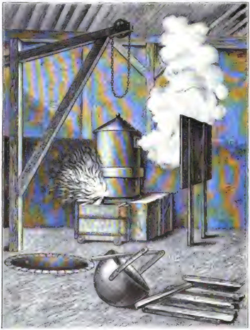
Auf dem Werke des Baron v. Hamilton zu Boo in Nerike wurde Torf verwendet. Hier und in Löhsfors war am meisten für die Verwendung dieses Brennstoffes geschehen.

Eisenerzeugung Schwedens.

	Roheisen und Hochofenguſs Ctr. [1])	Guſswaren II. Schmelzung Ctr.	Stabeisen Ctr.	Stahl und Manufaktureisen Ctr.
1860	4 353 391	125 400	3 219 660	569 934
1861	3 992 953	167 537	3 408 362	569 843
1862	4 695 084	172 012	3 016 079	534 230
1863	4 394 629	192 657	2 939 619	549 340
1864	5 678 934	194 991	3 238 515	572 504
1865	5 331 269	196 915	3 491 940	639 729
1866	5 414 870	202 349	3 923 985	549 253
1867	5 964 532	181 751	4 010 369	537 916
1868	6 189 228	197 511	4 046 826	604 848
1869	6 872 522	226 013	4 225 638	751 297
1870	7 065 510	267 329	4 559 331	776 239

Göranson und der Eisenhütte zu Edsken gebührt der Ruhm, gegen Ende der fünfziger Jahre den Bessemerprozeſs mit Erfolg

Fig. 126.



[1]) Wir geben die Zahlen in Centner nach der Quelle, weil nicht klar ist, welches Centnergewicht zu Grunde liegt.

Digitized by Google

durchgeführt zu haben. In welch ursprünglicher Weise dies geschah, haben wir früher geschildert und geht aus der Abbildung des ersten schwedischen Bessemerofens, Fig. 126, aus dem Jahre 1858 hervor.

An Bessemerstahl wurde 1862 erzeugt:

zu Säfvenäs (Westerbotten)	1 099,71	Centner
„ Edsken (Gefleborg)	12 460,25	„
„ Siljanfors (Kopparberg)	8 215,73	„
„ Carlsdal (Örebro)	1 023,80	„
zusammen:	22 799,49	Centner.

1863 waren in Schweden 207 Hochöfen im Gang. Stahl wurden 119 748 Centner erzeugt, darunter 44 439 Centner Bessemerstahl. Hiervon lieferte

Edsken	25 599	Centner,	60	Pfund
Sandwik	4 644	„	27	„
Siljanfors	11 049	„	58	„
Långshyttan	1 151	„	97	„
Carlsdal	1 993	„	67	„

Die Ausfuhr Schwedens betrug:

1861	1 966 898	Centner Stab- und Manufaktureisen
1862	2 351 678	„ „ „ „
1863	3 813 435	„ „ „ „

1865 sprach A. Grill in einem Aufsatz über die Zukunft der schwedischen Eisenindustrie die ernste Besorgnis aus, daſs sich England durch den Bessemerprozeſs von Schweden emanzipieren und die schwedische Eisenindustrie schweren Schaden erleiden würde. Er ermahnt deshalb seine Landsleute, fortzuschreiten und das vortreffliche Eisen des Landes selbst in Stahl überzuführen und in dieser Form auf den Markt zu bringen.

Nach L. Rinman betrug die Roheisenproduktion Schwedens im Jahre 1865 226 676 Tonnen, woran 219 Hochöfen und 3683 Arbeiter beteiligt waren.

Åkerman teilt für die Produktion des Jahres 1865 die folgenden Zahlen mit:

Bergerze	496 824	Tonnen
See- und Rasenerze	20 312	„
Summa Eisenerze:	517 136	Tonnen

Digitized by Google

Roheisen in Gänzen	221 389	Tonnen
Gufswaren von Hochöfen	5 350	„
Summa Roheisen:	226 739	Tonnen
Stab-, Band-, Nagel- u. Drahteisen	148 512	Tonnen
Bessemerstahl	4 425	„
anderer Stahl	2 988	„
Blech	5 986	„
Nägel	5 957	„
Geräte etc.	7 852	„

Die Ausfuhr von Roheisen betrug in diesem Jahr 16 000 Tonnen
von Stabeisen . . . . 85 500 „
Die Einfuhr von Eisenbahnschienen . . . . . . 21 643 „

Die Hochöfen und ihre Erzeugung verteilten sich auf die einzelnen Provinzen wie folgt:

Provinz	Öfen	Arbeiterzahl	Produktion Tonnen	Wichtigste Hütten
Norbotten	2	26	332	Selet, Afvafors.
Westerbotten . .	3	63	1 882	Olosfors, Hornefors, Robertsfors.
Wester-Norrland .	4	75	3 110	Utansjoe.
Jemsland	1	4	109	Lynsnedael.
Gefleborg	24	476	26 507	Hammarby und Hefors, Kihlafors, Thorebacka, Sandviken, Moviken.
Upsala	7	139	7 026	Oesterby, Hamars.
Stockholm	1	20	973	Ranas.
Stora-Kopparberg	42	764	50 609	Langshyttan, Wykmanshyttan, Rommarslo; Westensjoe, Garpenberg und Horndal, Furndal, Dalfors, Siljansfors, Frederiksburg.
Westernaes . . .	16	370	16 474	Fangersta, Svana, Engelsberg.
Oerebro	54	780	63 786	Hammarby, Bredjoe, Carlsdal, Stjernfors, Ramoborg, Gammelbo, Hasselfors, Brefven, Oelsboda, Lasca.
Skaraborg	1	18	1 020	Granviken.
Carlstad	23	391	34 238	Raemen, Langbanshyttan, Ny-Kroppa.
Elfsborg	1	20	938	Uderholm, Oestanas, Rada, Storfors, Alkvettern.
Nyköping	5	102	3 260	Forsspo, Staffsjo, Aker.
Oestergotland . .	3	58	5 192	Finspong zu Sten.
Calmar	10	147	4 437	Ankarsrum, Hagelsrum.
Joenköping . . .	16	189	4 599	Nissafors, Bruzaholm, Taberg, Mobro.
Kronoberg . . .	6	41	2 284	Oerma, Haryd.
	219	3683	226 776	

Digitized by Google

Norwegen hatte 16 Hochöfen, von denen 3 kalt lagen. Die übrigen waren meistens nur 3 bis 6 Monate während des Winters im Betriebe und produzierten an 10000 Tonnen Roheisen.

Im allgemeinen verschmolz man in Schweden reichhaltige Beschickungen von 35 bis 52 Prozent Eisengehalt.

Zu Långshyttan in Kopparberg beschickte man die Bispberger und Relligslager Magneteisensteine mit 3 bis 5 Prozent Kalkstein und erhielt sogar 58 bis 60 Prozent Eisenausbringen. Der Kohlenverbrauch im Hochofen betrug meist 80 bis 85 Prozent Hartkohlen, bei grauem und Bessemerroheisen etwa die Hälfte mehr. Von den Gestehungskosten rechnete man 39 Prozent auf die Erze, 41 Prozent auf die Holzkohlen und 20 Prozent auf die Generalkosten.

Die Ausfuhr und Einfuhr in Tonnen im Verhältnis zur Erzeugung ergiebt sich aus nachfolgender Zusammenstellung.

Produktion, Export und Import von Eisen und Stahl in Schweden im Jahre 1865.

	Produktion Tonnen	Export Tonnen	Import Tonnen
Roheisen und Gufswaren, I. Schmelzung	226 720	16 630	5 019
Stangeneisen, Bandeisen, Draht etc. . .	148 499	97 949	1 896
Bessemermetall	4 424	?	?
Eisen- und Stahlabfälle	—	1 455	30
Eisen- und Stahlgufs	2 988	4 696	100
Blech	5 985	680	356
Nägel	5 956	1 401	189
Rails	—	—	21 641
Weifsblech	—	—	312

In Schweden waren mit den Hütten und Hammerwerken meistens Sägemühlen verbunden, die oft so grofse Mengen von Sägemehl lieferten, dafs man, weil es verboten war, es in die Flüsse zu werfen, oft in Verlegenheit war dasselbe fortzuschaffen. Aus diesem Grunde war der Lundinsche Gasschweifsofen, in welchem man Sägemehl als Brennstoff verwenden konnte, für die schwedischen Hütten so vorteilhaft.

Folgende schwedische Bessemerwerke führt Tunner 1866 auf:

Digitized by Google

	Konverter		Chargen Tonnen	Produktion Tonnen
Gesellschaft von Högbö und Sandviken	2	schwedische Öfen	4	160
C. Aspelin in Fagersta	3		2	100
Carlsdal	2		1½—2	270
Siljanfors	2			
Kloster	2			
Gesellschaft Dannemora	2			
Söderansfors (Norrland)	2			
				530

Die Leistungsfähigkeit betrug demnach 26 500 Tonnen = 350 000 Centner im Jahr, während die wirkliche Produktion nur an 150 000 Centner betragen hatte.

Die schwedischen Bessemerwerke arbeiteten mit feststehenden Konvertern auf Qualität. Sie entnahmen ihr Roheisen, welches nicht über 1 Prozent Silicium, aber 2 und mehr Prozent Mangan enthielt, direkt von dem Hochofen.

1867 hatten K. Styffe und L. Rinman den Martinprozefs auf der Pariser Ausstellung kennen gelernt. Rinman ging auf P. E. Martins Einladung hin nach Sireuil. Nach seiner Rückkehr gewährte das Jernkontor Styffe und Rinman die Mittel, um in einem kleinen Siemensofen zu Munkfors in Wermeland Versuche anzustellen, die günstig ausfielen.

1868 führten C. A. Rettig und L. Rinman auf dem ersterem gehörigen Eisenwerk Kilafors den Martinprozefs ein mit Siemens' Regeneratoren und Lundinschen Gasöfen mit Kondensation. Die Aufgabe, Qualitätsstahl zu erzeugen, wurde gelöst. Die Öfen waren aber sehr klein, für 213- bis 227 kg-Chargen, und hatten sehr hohen Brennstoffverbrauch, 375 bis 560 kg für je 100 kg Stahl. Ein zweites Werk baute dann Rinman zu Hellefors.

Rufsland 1861 bis 1870.

Die Eisenindustrie Rufslands hatte zu Anfang der sechziger Jahre unter demselben schweren Druck zu leiden, wie die der übrigen auf Holzkohlenbetrieb angewiesenen Staaten, der noch wesentlich verstärkt wurde durch die Aufhebung der Leibeigenschaft, welche ihr viele Arbeitskräfte entzog. Die Arbeiter der russischen Eisenhütten, namentlich der im Ural, waren vordem fast alle Leibeigene. Die

Digitized by Google

Aufhebung der Leibeigenschaft, welche von Kaiser Alexander II. durch ein Manifest 1857 verkündet, dann durch Ukas vom Februar 1861 für das ganze Reich beschlossen und endlich im März 1863 durchgeführt wurde, war eine wirtschaftlich tief eingreifende Mafsregel für Rufsland. Sie schenkte an 24 Millionen Menschen, fast dem dritten Teil der Bevölkerung des russischen Reiches, die persönliche Freiheit. Die nächste Folge war aber die, dafs die Freigewordenen aufhörten, zu arbeiten, was der Industrie zu grofsem Schaden gereichte. Die weitere Folge war, dafs die Arbeit teurer wurde, was gleichfalls die Konkurrenzfähigkeit der Eisenwerke lähmte.

Die Eisenerzeugung des russischen Reiches betrug in den Jahren 1860 und 1861:

	1860		1861	
	Pud [1])	Tonnen	Pud	Tonnen
Roheisen und Gufs, I. Schmelzung	13 031 736	213 460	12 606 548	196 495
Frisch- und Puddeleisen	10 869 081	178 036	8 893 218	145 671
Stahl	83 299	1 364	105 675	1 730

Rufsland war in eine Anzahl Bergbezirke oder Berghauptmannschaften eingeteilt, von denen der uralische der wichtigste war.

Im uralischen Bezirk gab es aufser vielen Privatwerken auch eine grofse Zahl von Kronwerken. Man zählte 1861 im uralischen Bergwerksbezirk auf den kaiserlichen Kronwerken 14 Hochöfen, 23 Kupolöfen, 9 Flammöfen zum Umschmelzen des Roheisens, 108 Frischherde, 112 Streckherde, 54 Ankerschmieden, 14 Kettenschmieden, 5 Rohstahlherde, 136 Schmiede- und Glühherde, 14 Puddelöfen, 23 Schweifsöfen, 5 Glühöfen, 5 Holzdarröfen, 1 Cementstahl- und 99 Gufsstahlöfen. Die Produktion der uralischen Kronwerke betrug:

	1860 Pud	1861 Pud
Roheisen	1 641 326	1 726 231
Eisengufs:		
Waren	148 573	164 089
Munition	40 535	40 954
Geschütze	42 628	10 462
	231 736	215 505

[1]) 1 Pud = 16,38 kg.

Digitized by Google

	1860 Pud	1861 Pud
Frischeisen	463 373	493 623
Puddeleisen	358 757	387 402
	822 130	881 025
Rohstahl	13 324	12 787
Cement- und Gufsstahl . .	4 330	5 800
Raffinierter Stahl	4 328	2 645
Obuchow-Stahl	317	2 567
	22 299	23 799

Die Privatwerke des uralischen Bergwerksbezirkes umfafsten 47 Bergwerke und 142 Hütten. Auf letzteren befanden sich 91 Hochöfen, 48 Kupolöfen, 850 Frischherde, 242 andere Herde, 21 Giefsereiflammöfen, 221 Puddelöfen, 171 Schweifsöfen, 192 Glühöfen.

Die Produktion betrug:

	1860 Pud	1861 Pud
Roheisen	12 800 000	12 391 043
Frischeisen	4 970 797	4 391 825
Puddeleisen	5 077 154	3 620 364
	10 047 951	8 012 189
Stahl	61 000	81 876

Die Demidoffschen Werke zu Nischne Tagilsk bildeten den gröfsten Eisenwerkskomplex in Rufsland mit einer jährlichen Erzeugung von 10000 bis 12000 Tonnen. Hier wurde das beste russische Cementeisen gemacht, das alles unter der Marke C. C. N. D. nach England ging und dort mit 17 £ die Tonne bezahlt wurde. Auf den Demidoffschen Werken wirkte General W. v. Raschette als Hüttendirektor und erfand dort seine bekannten Schmelzöfen. Der zweitgröfste Hüttenkomplex gehörte Goobins Erben zu Nischne Sergin und Michailof, ebenfalls im Gouvernement Perm.

In dem Olonezkischen Bergwerksdistrikt zählte man 8 Hochöfen, 1 Kupolofen und 7 Flammöfen, die alle zu den grofsen kaiserlichen Giefsereien gehörten. Hier wurden erzeugt:

Digitized by Google

	1860 Pud	1861 Pud
Roheisen	341 462	297 264
In Flammöfen umgeschmolzen	428 111	278 105
Man gofs:		
Geschütze	71 530	60 261
Munition	170 718	51 511
Waren	42 024	31 102

In der Berginspektion Moskau, die nach der uralischen die wichtigste war, gehörten zu den Kronwerken 36 Hochöfen, 35 Kupolöfen, 85 Frischherde, 34 Puddelöfen, 17 Schweifs-, 37 Glüh-, 30 Röst- und 9 Flammöfen.

Die Erzeugung betrug:

	1860 Pud	1861 Pud
an Roheisen	3 024 672	2 699 919
„ Gufswaren	1 259 254	1 092 518
Frischeisen	454 958	455 461
Puddeleisen	1 128 925	923 471
	1 583 883	1 378 932
Verschiedene Eisensorten und Waren	801 302	707 835

Auf den Privatwerken der Berginspektion Moskau wurden um dieselbe Zeit erzeugt:

Roheisen	2 172 977	Pud
Gufswaren	855 024	„
Frischeisen	378 221	„
Puddeleisen	872 598	„
	1 250 819	Pud
Feine Eisensorten	603 084	Pud
Eisenwaren	172 670	„

Finland erzeugte:

Roheisen	731 333	Pud
Schmiedeeisen	582 670	„
Eisensorten und -Waren	34 541	„

Nach Angaben von de Buschen betrug die Eisenerzeugung Rufslands im Jahre 1863 245 073 Tonnen. Sie blieb unter dem Mittel

Digitized by Google

der vorhergegangenen Jahre, das 283 600 Tonnen, mit Polen sogar 350 000 Tonnen betragen hatte.

Nach einer anderen Angabe betrug im Jahre 1863 die Erzeugung:

von Roheisen	16 640 000	Pud	=	332 800	Tonnen
„ Gufswaren I. Schmelzung	1 764 000	„	=	35 280	„
„ Schmiedeeisen	11 998 500	„	=	239 970	„
„ Stahl	145 000	„	=	2 900	„

Hierbei ist Polen mit eingerechnet.

1863 machte General v. Jossa auf dem Kronhüttenwalzwerk Wotinsk, Gouvernement Wiatka, mit verschiedenen Roheisensorten Versuche, zu bessemern. Graues Roheisen von der Kronhütte Werschneturinsk im Goroblagodatskischen Bezirk, welches aus den reinsten Magneteisensteinen des Blagodatberges bei garem Ofengang erblasen war, erwies sich als das geeignetste und wurde mit diesem 1864 der Bessemerbetrieb eingeführt.

Die Roheisenproduktion Rufslands nahm in den Jahren 1864 bis 1867 nur langsam zu. Sie betrug ohne Polen:

1864	260 327	Tonnen
1865	263 052	„
1866	265 156	„
1867	287752	„

Die Roheisenerzeugung einschliefslich Polens betrug:

1868	324 711	Tonnen
1869	332 850	„
1870	359 989	„

Übrigens machten die russischen Kroneisenwerke so schlechte Geschäfte, dafs sie von 1866 bis 1870 mit Deficit arbeiteten. Man dachte ernstlich an die Veräufserung derselben.

Die Eisenerzeugung im Jahre 1868 war wie folgt:

Roheisen	272 000	Tonnen
Gufswaren I. Schmelzung	52 000	„
Hochofenproduktion	324 000	Tonnen
Gufswaren der Kupolöfen	16 350	Tonnen
Gufswaren der Flammöfen	5 600	„
Kanonen und Munition	7 900	„
Gufswaren II. Schmelzung	29 850	Tonnen
Stabeisen, Eisenbahnschienen etc.	172 500	Tonnen
Bleche und Platten	51 500	„
	224 000	Tonnen

Digitized by Google

Stahl	7 350	Tonnen
Verschiedene Eisenwaren	7 600	„

Man zählte 209 Eisen- und Stahlhütten mit 207 Eisenhochöfen, 434 Puddelöfen, 597 Schweifsöfen, 876 Frischherden, 707 Stahlherden und Öfen, 34 Luppenfeuer, 156 Kupolöfen und 82 Giefsereiflammöfen.

Einen Einblick in die russische Eisenindustrie gewährt P. Tunners Bericht über seine im Auftrage der k. russischen Regierung im Sommer 1870 ausgeführte Reise nach dem Ural und Südrufsland. Er hebt rühmend hervor die Gufsstahlerzeugung im grofsen für die Darstellung von Geschützen und groben Maschinenteilen, die Erzeugung gewalzter Panzerplatten, die Härtung der Eisenbahnschienen, die Erzeugung grofser Herdfrischluppen von 30 und mehr Centner und die Erzeugung des Glanzbleches. Dagegen tadelt er die Nichtbenutzung des erhitzten Windes und der Hochofengase, die Verwendung von meist nur einer Form beim Hochofenbetrieb, die offene Brust bei den Holzkohlenöfen, die zu grofse Zahl der Arbeiter beim Hochofen. Wir erfahren ferner, dafs man das Bessemerverfahren, welches schon 1864 eingeführt worden war, 1870 wieder aufgegeben hatte. Das Martinverfahren war versuchsweise auf den Hütten zu Sormowo bei Nischne-Nowgorod und zu Wotinsk eingeführt worden. Tunner empfiehlt ebenfalls seine Verwendung zur Herstellung von weichem Massenstahl, besonders für Eisenbahnschienen. Aufserdem empfiehlt er dringend die Verwendung der Steinkohle sowohl am Ural als in Südrufsland.

A. Keppen giebt folgende durchschnittliche Produktionsziffern pro Jahr:

	Roheisen Tonnen	Schmiedeeisen Tonnen	Stahl Tonnen
1861 bis 1865	289 928	185 994	2 654
1866 „ 1870	321 048	216 216	7 322

Zu Ende der sechziger Jahre stellte sich die russische Eisenproduktion folgendermafsen:

	1869		1870	
	Pud	Tonnen	Pud	Tonnen
Roheisen	20 103 864	329 301	21 959 326	359 694
Schmiedeeisen	15 217 908	249 269	15 506 413	253 995
Stahl- und Flufseisen	536 086	8 781	442 241	7 244
Gufswaren	1 964 742	32 182	1 933 099	31 664

Digitized by Google

Die Zunahme von 1861 bis 1870 betrug:

	1861 Tonnen	1870 Tonnen
Roheisen	196 495	359 694
Schmiedeeisen	145 671	253 995
Stahl	1 730	7 244

Italien 1861 bis 1870.

Zu Anfang des Jahres 1861 wurde das Königreich Italien unter der Herrschaft des Hauses Savoyen gegründet, nachdem zuvor durch den Krieg gegen Österreich im Jahre 1859 und die darauf folgenden revolutionären Erhebungen die italienischen Einzelstaaten vernichtet worden waren. Damit beginnt die neuere Geschichte Italiens und zugleich eine neue Zeit für Industrie und Handel dieses Landes.

Der wirtschaftliche Aufschwung war aber in den sechziger Jahren nur ein langsamer. Es ist sehr schwer, sich ein richtiges Bild der Entwickelung der italienischen Eisenindustrie in und vor jener Zeit zu machen, da die veröffentlichten statistischen Angaben unrichtig und widersprechend sind. So schwankten z. B. die Angaben über die Roheisenproduktion Italiens im Jahre 1861 zwischen 2 und 40 Kilotonnen. Die in der S. 231 mitgeteilten Zusammenstellung der Weltproduktion von Eisen aufgeführten Zahlen sind besonders für die ersten Jahre des sechsten Jahrzehnts entschieden zu niedrig. Zu einer annähernden Schätzung und einer richtigen Anschauung der italienischen Eisenindustrie kommt man am besten, wenn man von den statistischen Angaben Karstens im ersten Band seines Handbuchs der Eisenhüttenkunde von 1844 ausgeht. Danach produzierten um 1840:

die Lombardei und Venedig	15 000	Centner	Stabeisen und Stahl
Toscana	120 000	„	Roheisen
Savoyen	21 000	„	Stabeisen und Stahl
Piemont	129 000	„	„ „ „
Genua	30 000	„	Renneisen
Parma	2 000	„	Stabeisen
Modena	2 000	„	„
der Kirchenstaat	16 000 bis 18 000	„	Renneisen
Neapel	12 000	„	„

Digitized by Google

Die Zahl der Hochöfen war damals eine ziemlich ansehnliche. Freilich waren die meisten klein und wurden nicht das ganze Jahr durch betrieben. Solcher kleiner Holzkohlenöfen (Blauöfen) zählte man damals in Piemont 30, in Savoyen 13 bis 14, in der Lombardei etwa 8, in Parma und Modena je einen. Gut gebaute Hochöfen mit für jene Zeit hoher Produktion hatte man nur in Toscana. Dort schmolzen vier Hochöfen aus elbanischen Erzen 1861 das oben angegebene Quantum von 120 000 Centner. Von grofser Wichtigkeit war, wie aus obiger Aufstellung zu ersehen, noch der alte Rennfeuerbetrieb, durch den an der Tyrrhenischen Küste elbanische Erze auf schmiedbares Eisen verschmolzen wurden.

In den vierziger Jahren blieben die Verhältnisse ziemlich unverändert. In den fünfziger Jahren (1854) begann der Eisenbahnbau in Italien. Das Eisenmaterial dafür wurde aus England bezogen.

Im übrigen war aber die einheimische Eisenindustrie durch hohe Einfuhrzölle geschützt. Dafs die italienische Eisenindustrie in der Zeit von 1840 bis 1860 an Umfang nicht zugenommen, sondern einen Rückgang erfahren hat, steht fest, doch kann derselbe nicht so grofs gewesen sein, wie vielfach, z. B. auch in der oben erwähnten Statistik, angenommen wird. Am glaubhaftesten erscheinen die Angaben, welche die Roheisenproduktion Italiens in seinen jetzigen Grenzen für 1860 auf 15 576 Tonnen, für 1870 auf 19 914 Tonnen beziffern. Die Erzeugung von Renneisen war zurückgegangen, betrug aber 1860 immer noch etwa 1000 Tonnen. Die gröfste Roheisenerzeugung hatte Toscana, diesem folgten die Lombardei und Sardinien. Nachstehende Angaben über die Roheisenerzeugung im Jahre 1864 dürften übertrieben sein.

Danach soll die Roheisenerzeugung damals 860 000 Centner (39 560 Tonnen) betragen haben. Die Zahl der Hochöfen war gegen früher sehr vermindert, ihre Leistung sehr erhöht. 3 Hochöfen in der Provinz Aosta in Sardinien schmolzen aus Magneteisenstein 60 000 Centner, 4 in der Lombardei aus Spateisenstein 120 000 Centner und 3 in Toscana aus elbanischen Erzen 560 000 Centner.

Ein Ereignis von grofser Bedeutung war die Einführung des Bessemerprozesses, die hauptsächlich dem Franzosen A. Ponsard, Direktor der königlichen Eisenhütten in Toscana, zu verdanken ist. Dieser liefs bereits im Jahre 1860 das Roheisen in Fallonica von Bessemer in Sheffield prüfen und dehnte diese Versuche in den folgenden Jahren auf lombardisches Roheisen und das Eisen von Mongiana aus. Am letzteren Orte wurden Magnet- und Brauneisensteine aus den Cantabrischen Apenninen in fünf Hochöfen ver-

Digitized by Google

schmolzen. Auf Grund der guten Erfolge erbaute Ponsard ein Bessemerstahlwerk bei Piombino.

Er plante auch die Anlage eines Raschetteofens zur Verschmelzung elbanischer Erze, doch kam diese nicht zur Ausführung. 1867 gab es zwei Bessemerwerke in Italien, Novelle-Pomard-Gigli in Pisa und Perseveranza bei Pisa, jedes mit einem Konverter. Beide Werke zusammen erzeugten an 50000 Centner im Jahr.

Spanien und die Türkei 1861 bis 1870.

Die Eisenerzeugung Spaniens stand weder im Verhältnis zu dem Reichtum an vortrefflichen Erzen, noch zu dem Bedarf der Bevölkerung. Es wurden mehr spanische Eisenerze aufserhalb Spaniens als im Lande selbst verschmolzen. Der Export an Erzen betrug 1860 175500 Tonnen, während die inländische Produktion von Roheisen nur ca. 35000 Tonnen Eisen betrug, und die dreifache Menge von England importiert wurde.

In Nordspanien verdrängte der Chenotprozefs die alten Catalanschmieden (Ferrerieras) mehr und mehr. Auf den Baracaldowerken wurden von 1859 bis 1871 nach dieser Methode 32000 Tonnen Eisenschwamm erzeugt. 1860 baute Tourangin seinen ersten verbesserten Chenotofen „Purisima Concepcion".

Die Eisenproduktion Spaniens in den sechziger Jahren war schwankend, wie aus nachfolgender Zusammenstellung zu ersehen ist.

	Gufseisen Tonnen	Stabeisen Tonnen	Stahl Tonnen
1861	34532	32817	444
1862	48106	41068	1620
1863	45331	53026	1880
1864	39260	33238	5772

Die Zunahme der Stahlproduktion ist aber beachtenswert.

Die Roheisenerzeugung von 1864 bis 1870 betrug:

1864 . . .	50775 Tonnen	1868 . . .	43161 Tonnen
1865 . . .	49533 „	1869 . . .	34486 „
1866 . . .	39259 „	1870 . . .	54007 „
1867 . . .	41933 „		

Von der Eisenindustrie der Türkei ist so gut wie nichts aus jener Zeit bekannt[1]). Bosnien, Serbien und Bulgarien sind reich an

[1]) Erst 1873 veröffentlichte W. Fischbach einen Aufsatz über die Metallgewinnung in der Türkei in der Berg- und Hüttenm. Ztg. Nr. 13.

Digitized by Google

Eisen. In Bosnien war Eisenindustrie zu Sarajevo, in Serbien zu Maidanpek und in Bulgarien betrieb die türkische Regierung 12 Hochöfen bei Somakov. Ganz in der Nähe von Konstantinopel finden sich grofse Schlackenhalden bei Alemdagh, die auf alten Eisenhüttenbetrieb hinweisen. Der Stückofenbetrieb war noch durchaus vorherrschend.

Die Vereinigten Staaten 1861 bis 1870.

Die Eisenindustrie der Vereinigten Staaten von Nordamerika machte in den sechziger Jahren nach Beendigung des Bürgerkrieges grofse Fortschritte. Die Amerikaner wurden sich ihrer Stärke, ihres nationalen Reichtums mehr und mehr bewufst und Hewitt sprach es 1865 bestimmt aus, dafs Amerika der erste Platz unter den eisenerzeugenden Ländern gebühre und dafs es ihn in nicht ferner Zeit auch erringen werde.

Die Schätze des Landes sind unermefslich und erscheinen riesig im Vergleich mit denen Europas. Man hatte in den Vereinigten Staaten ca. 12 000 (geogr.) Quadratmeilen Kohlenfelder entdeckt, während die gesamten Kohlenbecken Europas nur eine beiläufige Ausdehnung von 775 Quadratmeilen hatten. Sir Morton Peto schätzte die Steinkohlen von Pittsburg allein auf 53 516 Millionen Tonnen.

Seit 1860 hatte man auch die Bedeutung des Franklinits als Eisenerz erkannt. Dieses eigentümliche Zink-Eisenerz, dessen Zusammensetzung nach dem Amerikaner Steffens der Formel $FeO, ZnO + 2 (Fe^2O^3, Mn^2O^3)$ entspricht, kommt in dem Stirling-Hill bei der Stadt Franklin vor. Bereits 1640 wurde es von deutschen Bergleuten aus Nassau entdeckt, aber erst 1770 von Lord Stirling bergmännisch gewonnen und nach Europa geschickt. 1825 wurde es von Dr. Mac Clure und Dr. Jackson genauer untersucht und 1850 auf Zink verhüttet. 1852 wurde es zuerst als Eisenerz verschmolzen. Es schmilzt bei niedriger Temperatur. Das aus dem Roheisen dargestellte Schmiedeeisen zeichnet sich durch grofse Festigkeit aus. Aufserdem erhält man aber auch leicht aus dem Franklinit Spiegeleisen, aus dem sich guter Stahl bereiten läfst.

Der Staat Ohio erzeugte 1854 71 156 Tonnen, 1862 114 000 und 1869 275 000 Tonnen Roheisen. Die Schienenproduktion stieg 1860 bis 1869 von 10 000 auf 41 837 Tonnen.

Im Staate Illinois, wo 1856 noch kein Stück Schiene gemacht

Digitized by Google

wurde, betrug die Schienenerzeugung 1860 5923 Tonnen, 1869 53 261 Tonnen. Missouri lieferte 1854 erst 5798 Tonnen Gießereiroheisen, 1864 16 524 Tonnen, 1870 77 852 Tonnen. In Michigan, in dem der Lake Superior-Distrikt liegt, begann die Eisenindustrie erst 1856, 1860 wurden 5660 Tonnen, 1870 49 298 Tonnen Roheisen erzeugt.

Der wichtigste Staat für die Eisenindustrie Nordamerikas ist aber Pennsylvanien mit seinem grofsen Reichtum an Steinkohlen und seinen vortrefflichen Anthrazitlagern. 1860 zählte man in Pennsylvanien bereits 90 Anthrazitöfen und in den benachbarten Staaten New-York, New-Jersey und Maryland 29. Diese 119 Hochöfen produzierten 500 000 Tonnen Roheisen zu 20 Dollar die Tonne. In Westpennsylvanien, wie in den meisten übrigen Staaten der Union, wurden die Hochöfen noch mit Holzkohlen betrieben. Das Holzkohlenroheisen von Westpennsylvanien kostete damals 26 Dollar die Tonne, während englisches Roheisen mit dem Zoll in Philadelphia mit 22 Dollar bezahlt wurde. Die Steinkohlenhochöfen in Pennsylvanien waren meist weit, aber nicht hoch. Indessen hatte man angefangen, Öfen von 60 Fufs Höhe mit 12 bis 15 Formen und 10 000 Tonnen Roheisenproduktion die Woche zu bauen. Dazu wandte man Gebläse an, die 10 000 Kubikfufs Wind von 8 bis 9 Pfund Pressung pro Quadratzoll in der Minute lieferten.

Die Steigerung der amerikanischen Produktion in jener Periode ergiebt sich aus folgenden Zahlen, wobei für die Jahre 1861 und 1862 die nachteilige Wirkung des amerikanischen Bürgerkrieges zu beachten ist.

Es wurde Roheisen produziert:

Im Jahre	Mit Anthrazit Tonnen [1])	Mit Holzkohlen Tonnen	Mit Steinkohlen und Koks Tonnen	Im ganzen Tonnen
1861	409 239	195 278	127 037	731 554
1862	470 315	186 660	130 687	787 662
1863	577 638	212 005	157 961	947 604
1864	684 018	241 853	210 125	1 135 996
1865	479 558	262 342	189 682	931 582
1866	749 377	332 580	268 396	1 350 353
1867	798 638	341 361	318 647	1 461 646
1868	893 000	370 000	340 000	1 603 000
1869	971 150	392 150	553 341	1 916 641
1870	930 000	365 000	570 000	1 865 000

[1]) Net Tons, hiervon 1 = 20 Centner à 100 Pfund englisch = 907 kg.

Digitized by Google

Die Schmiedeeisenerzeugung betrug in Tonnen:

	Eisenbahnschienen	Anderes Walzeisen	Zusammen
1864	335 369	536 958	872 327
1865	356 292	500 048	856 340
1866	430 778	595 311	1 026 089
1867	462 108	579 838	1 041 946
1868	506 714	598 286	1 105 000
1869	593 586	642 420	1 236 006
1870	620 000	705 000	1 325 000

Wie bedeutend aber noch die Einfuhr von Schmiedeeisen besonders aus England war, geht aus der nachfolgenden Zusammenstellung über Erzeugung, Einfuhr und Verbrauch von schmiedeeisernen Eisenbahnschienen hervor.

	Eigene Erzeugung Tonnen	Einfuhr Tonnen	Wahrscheinlicher Verbrauch Tonnen
1867	462 108	163 049	625 157
1868	506 714	250 081	756 795
1869	593 586	313 163	906 749
1870	620 000	399 153	1 019 153

Die Vereinigten Staaten hatten Frankreich schon 1864 in der Eisenerzeugung überflügelt. Nach der Schätzung des Amerikaners Hewitt hätte sie dagegen 1866 nur 1 Million betragen, während er Frankreichs Produktion zu 1 200 000 Tonnen angiebt. Aber gerade Hewitt ist es, der, wie erwähnt, den Vereinigten Staaten die Führerrolle in Bezug auf die Eisenerzeugung zuspricht und bestimmt voraussagt, daſs dieselbe mit der Zeit alle anderen Staaten darin überholen würde.

1868 war die Produktion der Vereinigten Staaten ohne allen Zweifel bereits beträchtlich gröſser als die aller übrigen Staaten auſser England.

Auf die einzelnen Staaten verteilte sich die Roheisenproduktion im Jahre 1868 nach dem offiziellen Jahrbuch wie folgt:

Digitized by Google

	Grofstonnen[1])	M.-Tonnen
Pennsylvanien	862 750	876 562
Ohio	223 300	226 872
New-York	182 300	185 217
Neu-England	31 325	32 344
New-Jersey	47 705	48 466
Michigan	60 900	61 874
Missouri	20 300	20 625
Die übrigen Staaten	66 600	67 158
	1 495 180	1 519 118
Hierzu kommen nach der direkten Methode erzeugtes Renneisen	36 320	36 901
	1 531 500	1 556 019

1866/67 machten die Schweden Professor Ångström und Berggewerke Åkerman im Auftrage des Eisenkontors eine Reise durch Amerika, die sich auf 4½ Monate erstreckte[2]). In dem Bericht wird die Güte des mit kaltem Wind und mit Holzkohlen erblasenen Giefsereieisens (Cold blast) hervorgehoben. In Missouri, Michigan und Ohio fanden sie meistens Holzkohlenöfen. In Lime-Rock (Connecticut) wurde das beste, als Salisburyeisen bekannte Giefsereieisen in Öfen von 27 bis 47 Fufs aus einem lehmigen Brauneisenstein erblasen. Es wurden 40 Prozent eines hellgrauen, weichen Roheisens ausgebracht. Man verwendete Kohlen von Kastanien- und Walnufsholz und auch von Eichen, die fester waren, als die Nadelholzkohlen. Das amerikanische Steinkohlenroheisen war dagegen von sehr mittelmäfsiger Güte, was auch daraus hervorgeht, dafs sein Preis immer 1 bis 2 Dollar unter dem des schottischen Roheisens blieb. Allgemein wurden die Hochofengase zur Winderhitzung und Dampfkesselfeuerung benutzt. Man blies in den Steinkohlenöfen in der Regel mit 50 Linien, in den Anthrazitöfen mit 90, doch auch bis 140 Linien Quecksilberdruck.

Abbildungen von amerikanischen Anthrazithochöfen von 1868 finden sich in Osborn, Iron and Steel, p. 327 etc.

Die Gufsstahlfabrikation nahm in diesem Jahrzehnt einen Aufschwung und lieferte aufser Hussey und Wells namentlich Park in Pittsburg einen guten Gufsstahl.

Zwei wichtige Ereignisse beeinflufsten in den sechziger Jahren

[1]) 1 Grofstonne = 1016 kg.

[2]) Siehe den Bericht von Åkerman in Jern-Kontorets-Analer 1868.

Digitized by Google

die Eisenindustrie der Vereinigten Staaten von Nordamerika: der Bürgerkrieg (1861 bis 1865) und die Einführung des Bessemerprozesses. Unmittelbar vor dem Ausbruch des Krieges war die am 12. März 1860 eingebrachte Morill bill, durch welche zum erstenmal ein ausgesprochener und wirksamer Schutzzolltarif eingeführt wurde, angenommen worden. Dieser Tarif, und die Blockade, welche die Eiseneinfuhr erschwerte, wirkten so günstig für die amerikanische Eisenindustrie, dafs trotz des Krieges die Eisenproduktion von Jahr zu Jahr zunahm, wenn auch nicht in dem raschen Mafse wie nach dem Kriege. Die Tabelle S. 288 giebt das Bild der Produktionszunahme. Diese genügte aber dem rasch wachsenden Bedarf nicht, so dafs auch die Einfuhr stieg.

Einfuhr von Roheisen.

1861 . . .	74 026 Tonnen	1866 . . .	102 392 Tonnen
1862 . . .	22 246 „	1867 . . .	112 042 „
1863 . . .	31 007 „	1868 . . .	112 133 „
1864 . . .	102 223 „	1869 . . .	136 973 „
1865 . . .	50 652 „	1870 . . .	153 282 „

Beim Hochofenbetrieb führte Samuel Thomas 1861 eine verbesserte Winderhitzung ein. 1867/68 baute John Player zuerst englische Winderhitzungsapparate (Pistolenapparate).

Die Einführung des Bessemerverfahrens im Jahre 1865 veranlafste nicht nur eine Vermehrung der Produktion, sondern beeinflufste auch den Betrieb der Hochöfen. Man fand bald, dafs die fast phosphorfreien Erze vom Oberensee ebenso gutes Bessemerroheisen lieferten, wie die englischen Cumberlanderze. Infolgedessen wurden jene nicht nur an Ort und Stelle, sondern auch in Ohio, Pennsylvanien u. s. w. verhüttet.

Ausgezeichnetes Giefsereieisen wurde aufser dem Salisburyeisen zu Lime Rock, Connecticut, besonders auf den Richmond-Eisenwerken, wo vortreffliche Kanonen gegossen wurden, und von der Sterling-Giefserei zu New-York, wo brauner Hämatit verschmolzen wurde, hergestellt.

Die Anthrazithochöfen bewährten sich gut und zeichneten sich durch lange Kampagnen, einzelne bis zu 20 Jahren, aus. Gegen Ende des Jahrzehnts suchte man sie in ihrer Konstruktion vielfach zu verbessern. 1870 wurden auf dem Edgar Thomson-Werk (Pa.) vier neue Hochöfen mit freistehenden Gestellen und je acht Gasabzügen,

Digitized by Google

welche in einen Ring mündeten, erbaut. Man versuchte dabei eine möglichst vollkommene Windverteilung anzubringen, indem man 23 gleichmäfsig um das Gestell verteilte Formen von 2 Zoll Weite anbrachte. Doch bewährte sich diese grofse Zahl von Windformen nicht, weshalb man bei dem einen Ofen auf neun, bei den anderen auf elf Formen mit 2,6 Zoll Öffnung zurückging. Der Hochofenbetrieb mit Koks breitete sich immer weiter aus, da auch in anderen Staaten reiche Steinkohlenlager entdeckt wurden, so z. B. in Tennessee bei Chattanooga, welches dadurch ein wichtiger Mittelpunkt der Eisenindustrie wurde. Bluff furnace bei Chattanooga war der erste Kokshochofen in Tennessee und kam schon 1860, vor Ausbruch des Bürgerkrieges, in Betrieb. Der erste Kokshochofen in Südtennessee, Bockword furnace, wurde 1867 angeblasen.

Die Entdeckung von Steinkohlenlagern gab auch der Eisenindustrie Alabamas nach dem Kriege neuen Aufschwung. 1867 wurden Steinkohlen in Indiana bei Brazil in Clay County entdeckt und daraufhin bei Harmony der Planet furnace als der erste von acht Hochöfen, die von 1867 bis 1872 erbaut wurden, errichtet. Hier wurden Erze vom Missouri und dem Oberensee mit Steinkohlen verhüttet. Im südwestlichen Illinois wurden nach dem Kriege die Big Muddy-Kohlenfelder entdeckt. Da die Missouri-Erze nicht weit entfernt waren, so wurden 1868 zwei grofse Hochöfen bei Grand Tower in Jackson County erbaut. Zu Chicago gab es keine Hochöfen bis 1868; in diesem Jahre wurden zwei von der Chicago-Eisengesellschaft erbaut, die später an die Union-Stahlgesellschaft übergingen; ferner wurden 1869 zwei Hochöfen von der Nord-Chicago-Walzwerksgesellschaft erbaut. Diese vier Hochöfen blieben die einzigen bis 1880.

Die Walzwerksindustrie der Vereinigten Staaten war beherrscht von dem immer zunehmenden Bedarf an Eisenbahnmaterial. Die Länge der amerikanischen Eisenbahnlinien stieg vom Jahre 1860 bis 1870 von 56 880 km auf 85 138 km. Die Produktion an Eisenbahnschienen war:

1861 . . .	189 818	N.-Tonnen	1866 . . .	430 778	N.-Tonnen
1862 . . .	213 912	„	1867 [1]) . .	459 558	„
1863 . . .	275 768	„	1868 . . .	499 489	„
1864 . . .	335 369	„	1869 . . .	583 936	„
1865 . . .	356 292	„	1870 . . .	586 000	„

[1]) Die für 1867 bis 1870 angegebenen Zahlen bleiben hinter den S. 289 mitgeteilten zurück.

Digitized by Google

Von wichtigeren Gründungen in den einzelnen Staaten aufser den bereits angeführten und den später zu erwähnenden Stahlwerken nennen wir die nachfolgenden. In Pennsylvanien wurde 1867 der Emma-Ofen bei Logan im Juniatathal erbaut. Das erste Walzwerk in Tennessee war Vulcan Rolling mill, welches 1861 von S. B. Lowe bei Chattanooga gegründet wurde. Es wurde 1863 von den nordstaatlichen Truppen niedergebrannt, aber 1866 von Lowe wieder aufgebaut. 1864 war ein Walzwerk zum Umwalzen alter Schienen im Auftrag der republikanischen Regierung von John Fritz, Direktor der Bethlehem-Werke, erbaut worden. Zu Knoxville erwarb sich die dortige Rädergesellschaft grofsen Ruf durch ihre vorzüglichen Hartgufsräder, die sie aus Holzkohlenroheisen von dem Carter-Ofen und anderen Hochöfen von Osttennessee gofs. In Alabama wurden während des Krieges verschiedene Holzkohlenhochöfen erbaut, so einer in Sanford County 1861, der Cornwallofen bei Cedar Bluff 1862, ein zweiter Ofen bei Shelby 1863, Alabamaofen 1863 und zwei kleine Hochöfen bei Bierford 1863 und 1864. Der Shelbyofen mit Walzwerk lieferte Panzerplatten für die Südstaaten, namentlich wurden die Platten für das Panzerschiff Tennessee hier gegossen. Zu Selma wurden Kanonen für die Regierung gegossen. In Ohio wurde im Clevelanddistrikt 1861/62 das Union-Walzwerk erbaut. In Wisconsin baute die Wisconsin-Eisengesellschaft 1865 bei Iron Ridge einen Holzkohlenhochofen. 1868 wurde das erste Walzwerk bei Millwaukee errichtet. Der erste Hochofen bei St. Louis war der Pionierofen bei Corondelet, der 1863 für Koksbetrieb aufgeführt wurde. Auch in Texas wurden während des Krieges mehrere neue Eisenhütten, meist Rennwerke, erbaut, um Eisen für die südstaatliche Armee zu liefern, so z. B. 1863 bei Nashville ein Rennwerk mit Dampfbetrieb, ein anderes, „Montalbo“, lieferte Eisen für die Gewehre der Konföderierten. Alle diese Anlagen verschwanden teils während des Krieges, teils nach demselben. 1869 wurde bei Jefferson ein Holzkohlenhochofen errichtet. In Californien wurde 1868 ein Walzwerk für Schienen und Façoneisen bei San Franzisko angelegt. Zu Oswego wurde 1866/67 der erste Holzkohlenhochofen in Oregon erbaut.

Die Geschichte der Einführung des Bessemerprozesses in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, die sich erst spät und nach Überwindung vieler Schwierigkeiten vollzog, ist von allgemeinem Interesse. Henry Bessemer nahm dort schon im Jahre 1856 zwei Patente auf seine Erfindung, die aber sogleich von dem Amerikaner William Kelly, der die Priorität der Erfindung beanspruchte, mit

Digitized by Google

Erfolg angegriffen wurden. Kelly, der in Pittsburg geboren war, erwarb 1846 eine Eisenhütte in Eddysville, Kentucky, die aus einem Hochofen, zwei Feineisenfeuern und zehn Frisch- und Schweifsherden (forge fires) bestand. Er machte Versuche, flüssiges Eisen durch Einblasen von Luft zu entkohlen. Hierfür konstruierte er einen etwa 10 Fufs hohen Schachtofen mit zwei Formen übereinander; die obere sollte schmelzen, die untere entkohlen. Diese im Jahre 1847 ausgeführten Versuche hatten keinen Erfolg. 1851 nahm Kelly dieselben wieder auf und zwar im Hochofen selbst, dem er einen runden Herd gab, an dessen tiefstem Punkt eine Düse einmündete. Bis zu einem gewissen Grade gelang die Entkohlung rasch und gut, indem er in 5 bis 10 Minuten ein gefeintes Roheisen erhielt, wozu er im Feineisenfeuer eine Stunde brauchte. Er hoffte, wie er wenigstens später behauptet hat, auf diesem Wege schmiedbares Eisen zu erhalten, doch gelang es ihm nur in ganz vereinzelten Fällen, ein schmiedbares Produkt zu erzielen. Einmal war er imstande, eine Stange von 4 Fufs Länge und $^3/_8$ Zoll Quadrat zu schmieden, möglicherweise das erste durch den pneumatischen Prozefs erzeugte Eisen. Der Erfolg in dieser Richtung war aber so gering, dafs er ganz davon absah und sein Verfahren nur als Feinprozefs ausbildete. Zu diesem Zweck baute er einen gemauerten Feinherd von 5 Fufs Höhe und 18 Zoll Durchmesser vor dem Hochofen, den das abgestochene Roheisen passieren mufste. Durch zwei seitliche Düsen von $^3/_4$ Zoll Durchmesser wurde der Wind durch das Eisen geprefst. Später begnügte er sich mit einer Düse von 1 Zoll Durchmesser. In diesem Gefäfs konnte er 1500 Pfund in 5 bis 10 Minuten feinen. Die alten Feineisenfeuer wurden ganz entbehrlich. Die aus dem so gefeinten Eisen erzeugten Luppen gaben gutes Kesselblech. Der Prozefs war in der ganzen Gegend als Kellys Windkochen (air boiling process) bekannt; doch nahm er kein Patent darauf, angeblich, weil er das Verfahren noch zu verbessern und schmiedbares Eisen zu erhalten hoffte. Erst als Bessemer 1857 mit seiner Erfindung auftrat, suchte er um ein Patent nach und beanspruchte die Priorität. Stahl hat er aber nach seinem eigenen Zugeständnis nie gemacht, sondern nur gefeintes Roheisen, auch war sein Apparat hierfür durchaus ungenügend. Kellys Einsprache hatte aber die verhängnisvolle Wirkung, dafs Bessemers Patente für ungültig erklärt wurden. Infolgedessen blieb Bessemers Prozefs, trotz der Erfolge in Europa, in Amerika viele Jahre fast unbeachtet. Konnte doch Abr. L. Hewitt in seinem Bericht über die Pariser Weltausstellung von 1867 noch den Aufschwung des Bessemer-

Digitized by Google

prozesses in Europa als eine Übertreibung bezeichnen, die dem Erfinder und dem Publikum, nicht aber den Fabrikanten von Nutzen gewesen sei.

Indessen hatte damals das Bessemern doch auch in Amerika bereits festen Boden gewonnen. Die ersten Versuche hatte William F. Durfee zu Wyandotte, Michigan, gemacht. Es bildete sich 1863 eine Gesellschaft (Kelly-Pneumatic-Proceß-Company), welche die Patente von Kelly und R. Mushet erwarb, und Durfee gelang es im September 1864, den ersten Bessemerstahl auf seinem Versuchswerk zu machen.

1864 hatten Winslow, Griswold und Alexander L. Holley von dem Eisenwerk zu Troy das Recht zur Ausbeutung des Bessemerprozesses für die Vereinigten Staaten erworben und gelang es im Februar 1865 Holley, der den Prozeſs in England studiert hatte, Bessemerstahl auf einem 1864 erbauten Versuchswerk herzustellen. 1866 kam dann endlich ein Arrangement der verschiedenen Patentinhaber Winslow, Griswold und Morel zustande, wodurch die drei Patente, von Bessemer, Kelly und Mushet, vereinigt (consolidated) und die Rechte an die neugebildete Pneumatic-Steel-Association übertragen wurden. Diese Konsolidation der drei Patente bewirkte eine bedeutende Ermäſsigung der Patentgebühren, was eine rasche Aufnahme des Bessemerverfahrens zur Folge hatte. Die bis 1870 gegründeten Unternehmungen waren folgende:

1. Wyandotte von der Kelly-Pneumatic-Prozeſs-Company hatte einen $2^1/_2$ Tonnen-Konverter, blies die erste Charge im September 1864 und wurde 1869 verlassen.
2. Troy, Versuchswerk von Winslow, Griswold und Holley, ein $2^1/_2$ Tonnen-Konverter, erstes Blasen im Februar 1865. 1868 brannten die Troy-Werke nieder und wurden hierauf mit verbesserten Einrichtungen wieder aufgebaut.
3. Pennsylvania-Stahlwerke der gleichnamigen Gesellschaft in Steelton (Harrisburg), Dauphin County, Pa.; hatte zwei 7 Tonnen-Konverter, blies die erste Charge im Juni 1867, wozu 1881 drei 8 Tonnen-Konverter hinzukamen.
4. Freedom Eisen- und Stahlwerke zu Lewistown, Mifflin County Pa., mit zwei 5 Tonnen-Konvertern; erstes Blasen am 1. Mai 1868, fallierte 1869 und ging ein.
5. Cleveland-Walzwerk in Cleveland, Ohio, hatte zwei $6^1/_2$ Tonnen-Konverter, blies die erste Charge am 15. Oktober 1868, besaſs 1892 zwei 10 Tonnen-Konverter.

Digitized by Google

Die erste Charge in Wyandotte war mit Lake-Superior-Holzkohlenroheisen, die erste Charge zu Troy mit Crown-Point-Holzkohlenroheisen erblasen worden, das in beiden Fällen in Flammöfen umgeschmolzen worden war.

Die ersten Versuche, das Roheisen im Kupolofen umzuschmelzen, wurden 1865 von J. S. Durfee in Wyandotte gemacht, doch fielen dieselben schlecht aus, weil der Kupolofen zu klein war. Dagegen führte Holley dieses Verfahren am 20. Juni 1865 mit Erfolg in Troy ein. Das Umschmelzen im Kupolofen wurde in Nordamerika früher eingeführt als in England. Die ersten Bessemerstahlschienen wurden in Amerika am 24. Mai 1865 in dem Nord-Chicago-Walzwerk aus Blöcken von Wyandotte unter der Aufsicht von William F. Durfee gewalzt. 1867 wurde in dem Cambria-Walzwerk die erste Stahlschiene in Pennsylvanien aus Bessemerstahl der Pennsylvanian-Steel-Company zu Harrisburg gewalzt. Die Entwickelung des Bessemerprozesses wird durch die Zunahme der Produktion an Blöcken (Ingots) illustriert. Dieselbe betrug:

1867	3 000	N.-Tonnen
1868	8 500	"
1869	12 000	"
1870	42 000	"

Auch der Siemens-Martinprozefs oder offene Herdprozefs fand 1867 Eingang in den Vereinigten Staaten. Abraham S. Hewitt von New-York hatte denselben auf der Pariser Weltausstellung kennen gelernt und empfahl das Verfahren Martins, Schmiedeeisenabfälle in einem Roheisenbade einzuschmelzen (pig and scrap method). Siemens' Regenerativöfen waren 1863 von James Park in seiner Kupferhütte und 1867 von A. Griswold & Co. in ihrem Walzwerk zu Troy als Schweifsöfen eingeführt worden. Die erste Regenerativfeuerung für den offenen Herdprozefs wurde 1867 von Frederic J. Slade für die New-Jersey-Stahlwerke, die zweite in demselben Jahre auf dem Nashua-Eisen- und Stahlwerk erbaut. 1868 führten Cooper, Hewitt & Co. den Martinprozefs auf ihrem Eisenwerk zu Trenton, New-Jersey, ein.

Mit Gaspuddeln erzielte William F. Durfee den ersten Erfolg auf dem Walzwerk zu Bridgeport, Connecticut, im Jahre 1869.

1869 wurden bereits 50 000 Tonnen Stahlschienen, wovon 15 000 Tonnen im Inlande hergestellt waren, auf den amerikanischen Eisenbahnen verlegt.

Durch den Morilltarif von 1861, der zum erstenmal einen aus-

Digitized by Google

reichenden Schutzzoll auf fremden Gufsstahl legte, war auch für die Tiegelgufsstahlfabrikation die Möglichkeit der Entwickelung gegeben. Nachdem bereits im Jahre 1860 das Gufsstahlwerk von Hussey, Wells & Co. entstanden war, gründeten 1862 Park, Brother & Co. in Pittsburg ein Gufsstahlwerk, welches das erste in den Vereinigten Staaten war, das von Anfang an mit technischem und finanziellem Erfolg arbeitete. 1863 erwarb Dudley S. Gregory das alte Stahlwerk zu Adirondack, Essex County, New-York, und wandelte dasselbe unter H. J. Hoppers erfolgreicher Leitung in ein Gufsstahlwerk um. Seitdem nahmen noch andere Werke, namentlich Werkzeugfabriken, die Gufsstahlfabrikation auf. Einen sehr guten Chromstahl machte 1869 die amerikanische Werkzeugstahl-Gesellschaft zu Brooklyn; derselbe wurde nach einem patentierten Verfahren von Baur eingeschmolzen.

Die Werkzeugfabriken nahmen einen immer gröfseren Aufschwung. Die grofsartige Sägenfabrik zu Keystone bei Philadelphia beschäftigte 1867 600 Arbeiter, ebensoviel die Werkzeugfabrik von Collins & Co. zu Collinsville, Connecticut, die täglich 3000 Axte lieferte. Die von Ericson und von Etienne Bernot erfundenen Feilenhaumaschinen wurden in vielen amerikanischen Feilenfabriken eingeführt. In Werkzeugmaschinen zur Eisenbearbeitung zeichneten sich Wood, Light & Co. in Worcester, Massachusetts, aus, die eine verbesserte Bolzenschneidmaschine und eine doppelte Rändelmaschine erfunden hatten.

Die gröfste Kunstgiefserei war die von Robert Wood & Co. in Philadelphia, die schöne Figuren und Statuen gofs. Die gröfsten Ofengiefsereien waren in Albany, Troy, New-York, Boston und Philadelphia. 1867 hatte P. H. Roots zu Connelsville das nach ihm benannte Kapselgebläse erfunden. Corlifs that sich im Dampfmaschinenbau hervor und erfand 1870 seine Präcisionsdampfmaschine, wofür er die grofse Rumfordmedaille erhielt. Ihr Konstruktionsprincip wurde mafsgebend und fand rasche Verbreitung.

Eine grofse Bedeutung erlangte der Bau eiserner Schiffe. Über das von dem schwedischen Kapitän John Ericsson konstruierte Panzerschiff Monitor, welches von der Firma Winslow und Griswold ausgeführt und dessen Eisenteile auf den Albany-Eisenwerken im Herbst 1861 hergestellt wurden, und das eine so wichtige Rolle in dem amerikanischen Bürgerkriege spielte, haben wir bereits berichtet. Das Schiff wurde am 30. Januar 1862 vom Stapel gelassen und hatte am 9. März seinen berühmten Zweikampf mit dem Panzerschiff

Digitized by Google

Merrimac. Der Drehturm des Monitor war angeblich eine Erfindung von Theodor R. Timby. Eiserne Handelsschiffe wurden im Jahre 1868 für 2801 Tonnen, 1869 von 4584 und 1870 von 8281 Tonnen Gehalt gebaut.

Die Preise waren in diesem Jahrzehnt beträchtlichen Schwankungen unterworfen, wie nachfolgende Tabelle zeigt:

Jahr	Preise für die Tonne	
	Roheisen Dollar	Schmiedeeisen Dollar
1861	20 bis 24	38 bis 50
1862	21 „ 33	50 „ 70
1863	33 „ 45	65 „ 76
1864	43 „ 80	100 „ 220
1865	40 „ 55	90 „ 130
1866	42 „ 55	90 „ 115
1867	38 „ 49	80 „ 100
1868	35 „ 46	80 „ 100
1869	34 „ 45	80 „ 90
1870	31 „ 37	70 „ 90

Die festgesetzten Einfuhrzölle betrugen:

	1861	1864 (vom 1. Juli)
für Roheisen	6 Dollar für die Tonne	9 Dollar
„ Stabeisen . .	15 bis 20 „ „ „ „	22,4 bis 39,2 Dollar
„ Eisenbahnschienen .	12 „ „ „ „	13,44 Dollar
„ Stahl	20 Prozent des Wertes	10 Prozent
„ Stahlschienen . .	—	45 „

Digitized by Google

DIE

GESCHICHTE DES EISENS

VON

1870 BIS ZU ENDE DES JAHRHUNDERTS.

Digitized by Google

Einleitung.

Mit dem Jahre 1871 beginnt die neueste Zeit in der Entwickelung der Eisenindustrie. Sie steht an Grofsartigkeit der Fortschritte hinter keiner früheren Periode zurück und übertrifft alle an Zahl der Erfindungen, der wissenschaftlichen Untersuchungen und der litterarischen Arbeiten. Die seit dem Jahre 1871 veröffentlichten Druckschriften über das Eisen nehmen einen gröfseren Umfang ein, als alle Schriften über das Eisen, welche vor dieser Zeit erschienen sind. Wollte man diese umfangreiche Litteratur und die Erfindungen und Vorschläge, welche in den zahllosen Patenten enthalten sind, mit derselben Gründlichkeit bearbeiten, wie dies in der Geschichte der früheren Jahrhunderte geschehen ist, so würde der Umfang des Werkes mindestens auf das doppelte anschwellen. Wir müssen uns daher auf eine kurze Übersicht der wichtigsten Ereignisse und Erscheinungen dieser Periode beschränken. Es dürfte sogar die Frage aufgeworfen werden, ob es nicht besser gewesen wäre, das Geschichtswerk mit dem Jahre 1870 abzuschliefsen, da die Ereignisse der letzten 30 Jahre ja noch im Gedächtnis der Zeitgenossen lebendig sind? Hierzu konnte sich der Verfasser jedoch nicht entschliefsen. Ein grofser Teil der wichtigen Ereignisse dieser Zeit, die einen rascheren Schritt genommen hat, als irgend eine der früheren, ist bereits Geschichte geworden und es würde dem Werk der richtige Schlufs fehlen, wenn wir ein so wichtiges Ereignis, wie z. B. die Erfindung und die Ausbreitung des Thomasprozesses, unerwähnt lassen wollten.

Bildet doch die Frage der Entphosphorung, die Herstellung von gutem Flufseisen aus phosphorhaltigem Roheisen, das Rückgrat der Bestrebungen und Fortschritte der Eisenindustrie in dieser Zeit. Man könnte sehr wohl den ganzen Zeitabschnitt in zwei Teile zerlegen, deren erster, von 1871 bis 1879, das Suchen nach der Entphosphorung des Eisens und deren zweiter, von 1880 bis zur Gegenwart, die Ausbeutung der Entphosphorung enthält.

Es ist aber nicht die Absicht, diese wichtige Erfindung zum Einteilungsprincip zu machen, es soll vielmehr, wie seither, chronologisch vorgegangen werden, weil dies dem Grundsatz historischer Objektivität am meisten entspricht. So wichtig die Erfindung der Entphosphorung

Digitized by Google

war, so schliefst sie doch nicht alle anderen Fortschritte ein. Es lassen sich vielmehr diese Fortschritte der neuesten Zeit noch von vielen anderen Gesichtspunkten aus betrachten. Von diesen ist ein besonders charakteristischer der der Statistik. Glücklicherweise besitzen wir seit Beginn dieses Zeitabschnittes eine ziemlich ausreichende Statistik der Eisenerzeugung der wichtigsten Industrieländer. Besonders gut ist dieselbe für Deutschland, die Vereinigten Staaten von Nordamerika und Schweden, sodann für Frankreich, Belgien, Grofsbritannien und Rufsland bearbeitet. In Deutschland ist die Statistik eine Angelegenheit der Reichsregierung; sie wird ergänzt durch die Erhebungen des Vereins deutscher Eisen- und Stahlindustrieller und hat in der Person des Dr. Rentzsch einen vortrefflichen Bearbeiter gefunden. In den Vereinigten Staaten hat sich die American Iron and Steel Association zu Philadelphia die Statistik der amerikanischen Eisenindustrie seit vielen Jahren zur Aufgabe gemacht und besonders in James M. Swank einen hervorragenden Vertreter gefunden.

Werfen wir einen kurzen Blick auf die Ergebnisse der Eisenstatistik. Zahlenmäfsig entwickelte sich die Roheisenerzeugung der Erde in der Zeit von 1870 bis 1899 wie folgt:

Roheisenerzeugung der Erde in 1000 Tonnen.
In Kilotonnen[1]).

	1870	1875	1880	1885	1890	1895	1898	1899
Grofsbritannien	6 060	6 432	7 802	7 369	8 033	7 827	8 820	9 454
Deutschland	1 391	2 029	2 729	3 687	4 658	5 465	7 313	8 142
Frankreich	1 173	1 416	1 733	1 630	1 962	2 005	2 525	2 567
Belgien	565	540	608	713	788	829	979	1 025
Österreich-Ungarn	403	463	464	715	965	1 128	1 427	1 500
Rufsland	360	427	446	528	927	1 453	2 223	2 707
Schweden	300	351	406	464	456	463	532	498
Italien	14	29	17	16	14	9	12	12
Spanien	54	37	86	159	171	206	262	296
Übrige Länder Europas	35	40	40	50	50	10	20	20
Europa-Summe	10 355	11 764	14 331	15 331	18 024	19 395	24 113	26 221
Vereinigte Staaten von Nordamerika	1 691	2 056	3 896	4 111	9 353	9 597	11 962	13 839
Übrige Länder der Erde	100	100	100	350	250	375	545	550
Gesamterzeugung d. Erde	12 146	13 920	18 327	19 792	27 627	29 367	36 620	40 610

[1]) Nach der Zusammenstellung von E. Schrödter in Gemeinfafsliche Darstellung des Eisenhüttenwesens, 4. Auflage, Düsseldorf 1901, S. 68, 69.

Digitized by Google

Vorstehende Tabelle zeigt zunächst die gewaltige Zunahme der Roheisenerzeugung in dieser Zeit, sie betrug 28 464 kt = 234 Prozent.

Werfen wir einen Rückblick auf das 19. Jahrhundert, so betrug die Roheisenerzeugung:

1807	760 kt	(nach Héron de Villefosse)
1834	2 626 „	(nach Karsten)
1850	4 493 „	(nach Oechelhäuser)
1860	7 287 „	
1870	12 146 „	
1899	40 610 „	

Die Erhöhungen 1899 gegen 1860 betrugen mehr als das $4^1/_2$ fache, gegen 1850 fast das 8 fache, gegen 1834 das $13^1/_3$ fache, gegen 1807 das 53 fache.

Die Zunahme in den einzelnen Ländern in der Zeit von 1870 bis 1899 war eine sehr verschiedene, wie aus nachfolgenden Ziffern ersichtlich ist.

Zunahme der Roheisenproduktion 1870 bis 1899.

	in Kilotonnen	in Prozenten
Grofsbritannien	3 394	56
Deutschland	6 751	485
Frankreich	1 394	119
Belgien	460	84
Österreich-Ungarn	1 100	275
Rufsland	2 347	652
Schweden	198	66
Spanien	242	448
Vereinigte Staaten	12 148	718

Das Wachsen der Gesamtproduktion war keineswegs ein stetiges, sondern auch hierin zeigen sich beträchtliche Schwankungen. Trotz des deutsch-französischen Krieges trat in den Jahren 1870/1871 eine starke Steigerung der Eisenproduktion ein und dauerte an bis zum Herbst 1873, wo eine schwere Krisis in den Vereinigten Staaten und der sogenannte Wiener Krach in Europa dieser Aufwärtsbewegung ein Ende machten. Mit dem Jahre 1874 trat in allen Ländern ein Rückgang der Eisenproduktion ein. Die verheerenden Folgen dieses Rückschlages auf den übertriebenen, zum Teil schwindelhaften Aufschwung blieb lange Zeit fühlbar und kommt in den Produktionsziffern von 1874 bis 1879 zum Ausdruck. 1880 trat dann plötzlich wieder eine bedeutende Zunahme der Eisenerzeugung ein, haupt-

Digitized by Google

sächlich veranlafst durch die hoffnungsvolle Stimmung, welche durch die wichtige Erfindung der Entphosphorung von Thomas und Gilchrist erweckt worden war. Die Einführung des Thomasverfahrens bedingte eine Zunahme des Eisenbedarfs, die bis 1883 anhielt. 1884 trat wieder ein Rückschlag ein, der bis 1886 dauerte. 1887 begann eine wachsende Zunahme der Eisenerzeugung, besonders in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, welche im Jahre 1890 Grofsbritannien, das über hundert Jahre die erste Stelle unter den Eisen erzeugenden Ländern eingenommen hatte, überflügelte und dauernd aus seiner leitenden Stellung verdrängte. Auf das glänzende Jahr 1890 folgte aber eine Zeit des Niederganges, die bis 1895 dauerte. Seit dieser Zeit nahm die Eisenerzeugung von Jahr zu Jahr zu und schlofs mit dem Jahrhundert glänzend ab.

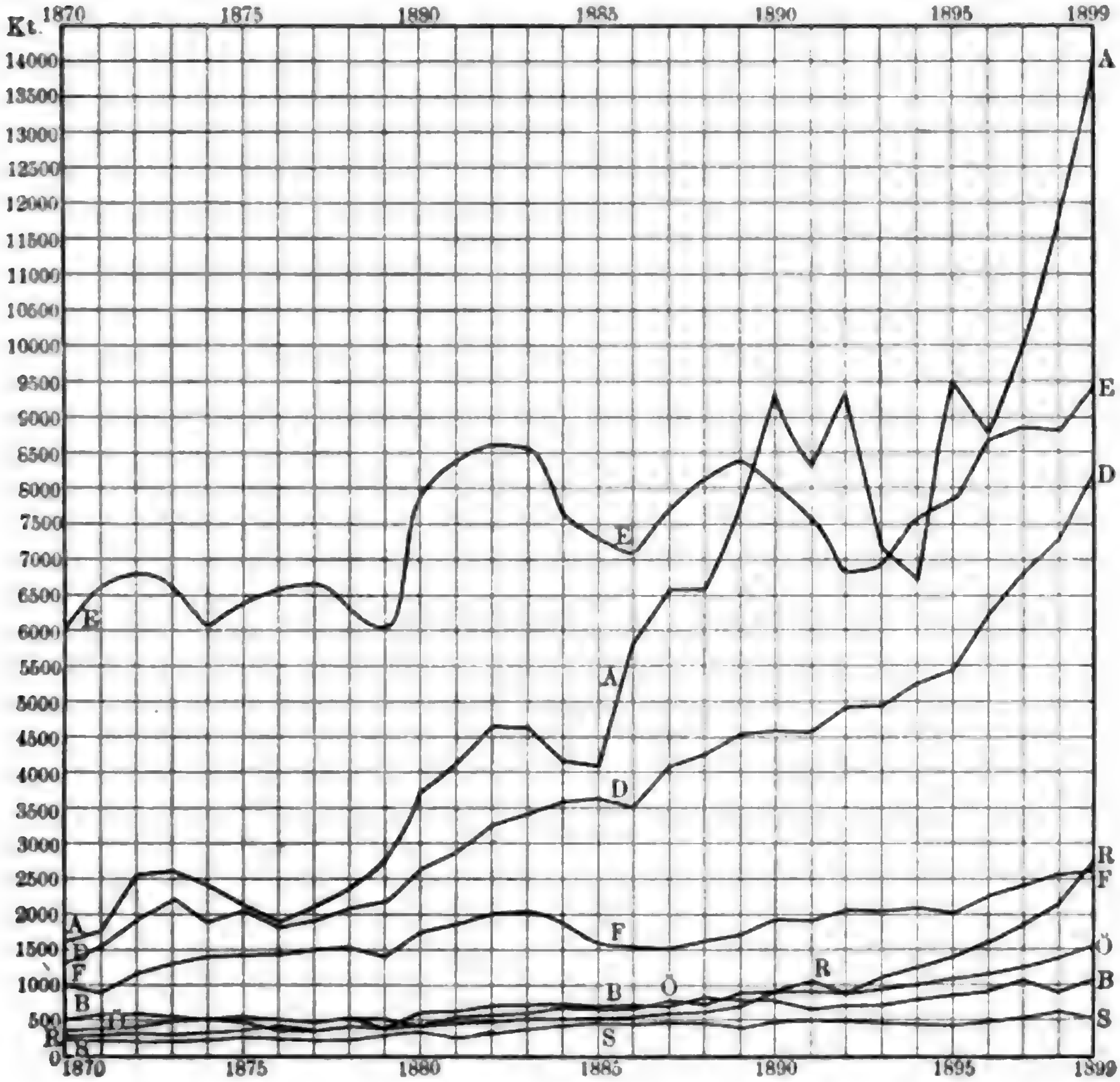
Noch stärker schwankt die Eisenerzeugung der einzelnen Länder, wie aus der graphischen Darstellung, Fig. 127, ersichtlich ist.

1870 bis 1885 schwebt die Produktionslinie Grofsbritanniens hoch über denen der übrigen Länder mit einer in Wellenlinien aufsteigenden Tendenz bis zu dem Maximum 1883. Von 1885 nimmt plötzlich die amerikanische Produktionslinie, welche bis dahin der englischen Linie ziemlich parallel mit einer nur langsamen Annäherung verlaufen war, eine steile Richtung nach aufwärts an, durchscheidet 1889 die englische Linie, indem sie sich mit der gewaltigen Produktion von 9333 kt im Jahre 1890 über dieselbe und über das Maximum von 1882 (8582 kt) erhebt. Wie erschöpft sinkt die amerikanische Linie 1891 wieder herab, um sich aber 1892 im scharfen Zickzack wieder zu fast gleicher Höhe zu erheben. Dann erst tritt 1892/93 eine starke Ermattung ein, so dafs die amerikanische Linie 1894 wieder bis zur britischen herabsinkt; sie schnellt dann 1895 wieder empor, fällt 1896 wieder fast bis zur englischen Kurve zurück, um von da an bis 1899 in raschem Aufsteigen die englische Linie weit unter sich zu lassen. Die beiden Linien geben ein deutliches Bild des intensiven Wettkampfes der beiden gröfsten Eisenländer. Die fast leidenschaftliche Energie des amerikanischen Wettbewerbes drückt sich in steilen Auf- und Abwärtsbewegungen, die scharfe Winkel bilden, aus, während Englands Anstrengungen mehr in wellenförmigen Linien zum Ausdruck kommen, die von 1883 bis 1886 und von 1889 bis 1892 ein starkes Fallen zeigen. Von viel gröfserer Stetigkeit in steigender Richtung stellt sich die deutsche Produktionslinie dar. Sie erreicht nächst der amerikanischen den gröfsten Höhenunterschied. Bei der französischen Produktionslinie macht sich zunächst die Wirkung

Digitized by Google

des Kriegsjahres 1870/71 deutlich geltend; darauf folgt aber wieder ein Aufsteigen, welches Zeugnis dafür ablegt, wie rasch sich die französische Eisenindustrie von dem schweren Schlage, den sie durch das Kriegsjahr erlitten hatte, erholte. Trotz des Verlustes von Elsafs und Deutsch-Lothringen, zweier für die Eisenerzeugung sehr wichtiger Provinzen, übertraf die Produktion von 1873 bereits die aller früheren

Fig. 127.



E = England. *A* = Amerika, U. S. *D* = Deutschland. *F* = Frankreich.
B = Belgien. *Ö* = Österreich-Ungarn. *R* = Rufsland. *S* = Schweden.

Jahre und blieb steigend bis 1883, wo sie die Höhe von 2067 Kil.-T. erreichte. Die Handelskrisis von 1873 hat Frankreich viel weniger betroffen als die vorgenannten Länder; dagegen litt es unter der Krisis von 1883 bis 1886 mehr wie Deutschland. Diese beiden grofsen Krisen machten sich bei allen Ländern bemerklich, wenn auch lange nicht in dem Mafse wie bei den Produktionslinien der beiden gröfsten

Digitized by Google

Eisenländer, Grofsbritannien und den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Von den übrigen Linien zeigt die russische seit 1885 das gröfste Ansteigen. Rufslands Produktion übertraf 1891 zum erstenmal die von Österreich-Ungarn, 1899 sogar die Frankreichs. Fast horizontal verläuft die Linie von Schweden, entsprechend der geringen Zunahme der Roheisenerzeugung von 360 Kil.-T. im Jahre 1870 und 485 Kil.-T. im Jahre 1892. Sie zeigt den gröfsten Kontrast gegen die Linie der Vereinigten Staaten.

Alles Roheisen ist nur ein Zwischenprodukt und dient als Rohstoff zur Herstellung des Gebrauchseisens. Die einfachste Art der Verarbeitung des Roheisens ist das Umschmelzen und Vergiefsen desselben zu Gufswaren, bei welcher keine chemische Veränderung des Rohmaterials, sondern nur eine Formgebung bezweckt wird. Die Eisengiefserei hat seit 1870 einen grofsen Aufschwung genommen, welcher ziemlich mit dem der Roheisenerzeugung Hand in Hand geht. Leider läfst sich keine Statistik der Gufswarenproduktion für die ganze Erde aufstellen, wir müssen uns deshalb begnügen, die Zunahme der Gufswarenerzeugung an dem Beispiel von Deutschland zu zeigen.

Gufswarenerzeugung in Deutschland.

	I. Schmelzung		II. Schmelzung		Im ganzen
	Tonnen	Prozent	Tonnen	Prozent	Tonnen
1871	72 204	17,3	345 419	82,7	417 623
1880	36 874	6,7	513 144	93,3	550 018
1890	32 812	3,1	1 021 475	96,9	1 054 287
1899	48 672	2,7	1 776 878	97,3	1 825 550

Diese Zusammenstellung zeigt eine Zunahme der Gufswarenproduktion in der Zeit von 1871 bis 1899 von 361 Prozent, welche nur auf die Zunahme der Gufswaren aus Roheisen kommt, während die Erzeugung der Gufswaren aus Erzen direkt aus dem Hochofen einen weiteren Rückgang erfahren hat.

Die bei weitem gröfste Menge des Roheisens wird aber zu schmiedbarem Eisen verarbeitet, wobei dasselbe eine chemische Veränderung erfährt. Dieses schmiedbare Eisen ist entweder Schweifseisen oder Flufseisen. Unter Schweifseisen werden alle Eisen- und Stahlsorten, welche ursprünglich aus Eisenluppen hergestellt sind, verstanden, während Flufseisen alle Eisen- und Stahlsorten umfafst, welche in flüssigem Zustande gewonnen wurden. Auf den Grund

Digitized by Google

dieser neuen Einteilung und Zeit und Umstände ihrer Einführung werden wir später zurückkommen.

Der grofse Aufschwung der Roheisenproduktion hing aufs engste zusammen mit den technischen Fortschritten, sowohl der Roheisenbereitung selbst, als besonders der Verarbeitung des Eisens zu Gufswaren, Schweifseisen, vornehmlich aber zu Flufseisen. Hinsichtlich des schmiedbaren Eisens stellt sich die ganze Periode als der siegreiche Kampf des Flufseisens gegen das Schweifseisen dar.

Im Jahre 1870 hatte die Flufseisenproduktion der Welt nur 673 Kil.-T. betragen, die Schweifseisenproduktion dagegen 6749 Kil.-T. Letzteres Quantum erhöhte sich bis 1882 auf 9135 Kil.-T. Von dieser Zeit an nahm es aber langsam ab, so dafs es 1892 nur noch 7577 Kil.-T. betrug. Seitdem ging die Schweifseisenerzeugung noch mehr zurück, doch fehlen hierüber zuverlässige Angaben. Sie dürfte 1897 5000 Kil.-T. betragen haben. Die Flufseisenproduktion vermehrte sich dagegen von Jahr zu Jahr und stieg von 1870 bis 1880 von 673 Kil.-T. auf 4192 Kil.-T., bis 1890 auf 11 632 Kil.-T. und betrug 1899 25 844 Kil.-T.

Die Flufseisenerzeugung überholte die des Schweifseisens im Jahre 1887 und übertraf sie 1890 bereits um 3186 Kil.-T., 1899 um mehr als 20 000 Kil.-T. Die starke Zunahme seit 1880 rührt von der Erfindung des Thomasverfahrens her. An dem grofsen Aufschwung in den neunziger Jahren hatte der Martinprozefs einen wichtigen Anteil.

Der Grund des Sieges des Flufseisens über das Schweifseisen lag in den überlegenen Eigenschaften des ersteren, wodurch es für die meisten Verwendungen geeigneter und relativ billiger war. Dies gilt besonders von dem Thomaseisen, welches noch mehr wie das Bessemereisen in Wettbewerb mit dem Schweifseisen trat. Das Bessemereisen hatte allerdings auch schon die Ausbreitung des Schweifseisens, insbesondere des Puddeleisens gehemmt, aber wegen seiner Härte und geringeren Schweifsbarkeit konnte es das Schweifseisen doch nur teilweise ersetzen. Aus diesem Grunde erfuhr die Schweifseisenerzeugung der Erde bis zum Jahre 1882 immer noch eine Steigerung, von da an trat aber infolge der erfolgreichen Konkurrenz des Thomaseisens eine, wenn auch anfänglich nur geringe, Abnahme in der Schweifseisenerzeugung ein. Nachfolgende Tabelle giebt hierüber näheren Aufschlufs.

Digitized by Google

Schweifseisenproduktion der Erde 1870 bis 1897.

In Kilotonnen.

	1870	1873	1879	1882	1887	1889	1891	1892	1897
Grofsbritannien	2600	2500	1700	2470	1701	2254	1762	1586	1328
Deutschland	932	1310	1216	1586	1625	1750	1412	1363	1111
Frankreich	670	940	875	1088	649	809	833	829	827
Belgien	491	480	410	500	604	577	497	479	475
Österreich-Ungarn	232	260	175	310	300	300	191	191	19[1])
Rufsland	254	255	280	298	484	431	448	451	502[1])
Schweden	260	290	290	305	256	275	208	235	156
Italien	40	40	40	100	173	182	153	124	160
Spanien	50	50	50	56	36	52	90	122	81
Vereinigte Staaten von Nordamerika	1170	1666	1850	2362	2180	2158	2443	2137	? [2])
Sonstige Länder	50	50	50	60	70	60	60	60	50
Insgesamt	6749	7841	6936	9135	8068	8848	8097	7577	(4709)

Die Zu- und Abnahme der Schweifseisenerzeugung schwankt ungleich in den verschiedenen Ländern, Grofsbritannien zeigt den Höchststand im Jahre 1870, Frankreich, Österreich, Schweden im Jahre 1882, Belgien 1887, Deutschland 1889 und die Vereinigten Staaten 1890.

Während das Schweifseisen eine Verteidigungsstellung annahm und seit den neunziger Jahren zurückgedrängt wurde, zeigt die nachfolgende Zusammenstellung den Siegeslauf des Flufseisens.

Flufseisenerzeugung 1870 bis 1899.

In Kilotonnen.

	1870	1873	1879	1882	1887	1890	1895	1898	1899
Grofsbritannien	287	588	1030	2716	3197	3 638	3 312	4 639	4 933
Deutschland	170	310	478	1003	1164	1 614	2 830	4 353	4 791
Frankreich	94	151	333	458	493	582	900	1 442	1 529
Belgien	4	22	111	183	229	221	455	658	731
Österreich-Ungarn	29	80	125	240	299	500	732	970	1 100
Rufsland	9	9	233	248	225	378	574	1 095	1 494
Schweden	12	16	20	41	110	169	232	264	273
Italien	—	—	—	3	73	108	50	59	62
Spanien	—	—	—	—	—	75	65	112	123
Vereinigte Staaten von Nordamerika	68	202	951	1765	3394	4 347	6 213	9 076	10 809
Insgesamt	673	1378	3281	6687	9184	11 632	15 363	21 643	21 855

[1]) Vom Jahre 1896. [2]) Schweifseisen nicht mehr aufgeführt.

Digitized by Google

An diesem Aufschwung hat der 1879 eingeführte Thomasprozeſs einen wichtigen Anteil.

Thomasstahlerzeugung seit 1879.

In Kilotonnen.

	1879	1882	1885	1887	1889	1890	1892
Groſsbritannien . .	1,15	109,37	145,71	435,05	493,92	503,40	406,84
Deutschland . . .	1,78	235,13	548,21	1167,70	1305,89	1493,16	2013,48
Frankreich	—	12,31	130,58	210,30	222,39	240,64	287,54
Belgien	—	16,67	21,06	50,78	47,04	46,45	56,27
Österreich-Ungarn	—	64,21	69,26	142,41	175,76	202,31	288,12
Ruſsland	—	12,31	30,46	17,84	29,56	39,35	58,67
Vereinigte Staaten von Nordamerika	—	—	—	—	—	77,78	91,73
Insgesamt	2,93	450,00	945,28	2024,08	2274,56	2603,09	3202,65

Deutschland hatte von Anfang an die führende Rolle in der Thomasstahlerzeugung eingenommen. Die englische Produktion betrug noch nicht ein Viertel der deutschen.

Das Fluſseisen umfaſst erstens das durch den pneumatischen Prozeſs erzeugte Produkt, und zwar erhält man durch das sogenannte saure Verfahren Bessemereisen und Bessemerstahl, durch den basischen Prozeſs Thomaseisen und Thomasstahl; zweitens das durch den Flammofenschmelzprozeſs erzeugte Metall, das Flammofenfluſseisen oder den Martinstahl (richtiger Siemens-Martin-Fluſseisen); drittens den Tiegelguſsstahl oder den eigentlichen Guſsstahl. Hiervon hat in den letzten 25 Jahren der Bessemerstahl den gröſsten Anteil geliefert. Die amerikanische Bessemerstahlfabrikation hat in dieser Zeit einen ganz besonders groſsartigen Aufschwung genommen. Kein Land der Welt besitzt aber auch so mächtige Ablagerungen reicher, phosphorarmer Erze, welche für diesen Prozeſs so besonders geeignet sind, wie die Vereinigten Staaten von Nordamerika. Die Bessemerstahlerzeugung der Vereinigten Staaten betrug 1870 38 Kil.-T., 1880 1203 Kil.-T., 1890 3746 Kil.-T., 1899 7708 Kil.-T. In Groſsbritannien entwickelte sich ebenfalls der Bessemerprozeſs in hervorragender Weise, begründet zum Teil auf den reinen Cumberländer Hämatiten, hauptsächlich aber auf der Einfuhr spanischer und afrikanischer Erze. An Bessemerstahl wurden erzeugt 1870 215 Kil.-T., 1880 1051 Kil.-T., 1890 1511 Kil.-T. neben 503 Kil.-T. Thomasstahl, 1898 1275 Kil.-T. neben 512 Kil.-T. Thomasstahl. In Deutschland hat zwar ebenfalls die Bessemerstahlfabrikation seit 1870 eine groſse

Digitized by Google

Steigerung erfahren, doch hat seit 1879 der Thomasprozefs sich in ganz besonders glänzender Weise entwickelt, weil Deutschland an phosphorhaltigen Erzen reich ist, während es die reinen Hämatiterze für den sauren Prozefs gröfstenteils aus dem Auslande beziehen mufste.

In welch verschiedenem Verhältnis sich die Bessemerstahlfabrikation zu der Fabrikation von Thomasstahl, Flammofenflufsstahl und Tiegelgufsstahl in den drei Haupteisenländern entwickelt hat, zeigt folgende Zusammenstellung.

Prozentualer Anteil der Erzeugungsarten an der ganzen Flufsstahlerzeugung.

		1878 Prozent	1884 Prozent	1890 Prozent	1896 Prozent
Grofsbritannien . . .	Bessemer	75	60	41	32,0
	Thomas	—	9	13,7	10,8
	Herdstahl	16	25	42,5	54,7
	Gufsstahl	9	6	3,8	2,5
					(1898)
Amerika	Bessemer	90	89	84,4	74,0
	Thomas	—	—	1,8	—
	Herdstahl	4,5	7,6	12	24,9
	Gufsstahl	5,5	3,4	1,8	1,1
					(1896)
Deutschland	Bessemer	81	42	18	7,3
	Thomas	2,4	37	67	62,2
	Herdstahl	12,4	17	13	30,5
	Gufsstahl	4	5	3	

Die Erfindung des Thomasprozesses, welcher ja bekanntlich nichts anderes ist als ein Bessemern mit basischem Futter, führte auch zu einer Reform der Flammofenflufsstahlfabrikation durch die Erfindung des sogenannten Siemens-Martin-Prozesses. Auch hierfür wendete man mit Erfolg die basische Ausfütterung an, infolgedessen man mit geringwertigeren Roheisensorten ein besseres, weicheres Material erhielt, welches imstande war, das Schweifseisen zu ersetzen. Das „Martinieren“ erhielt dadurch eine ganz andere Bedeutung und Wichtigkeit. Während in Grofsbritannien z. B. die Produktion von Flammofenflufsstahl von 1870 bis 1880 von 11 Kil.-T. nur bis auf 251 Kil.-T gestiegen war, betrug sie 1890 1564 Kil.-T., 1898 2852 Kil.-T. In Österreich-Ungarn betrug die Flammofenstahlerzeugung 1870 0,3 Kil.-T., 1880 28,5 Kil.-T. und 1890 212 Kil.-T., 1896 537 Kil.-T., wovon 514 Kil.-T. im basischen Herdofen geschmolzen waren. Die Vereinigten Staaten von Nordamerika lieferten 1870 1,4 Kil.-T., 1879 50,9 Kil.-T., 1880 102,2 Kil.-T.,

Digitized by Google

1890 521,5 Kil.-T., 1898 2256 Kil.-T. Deutschland erzeugte 1880 3,6 Kil.-T., 1899 1721 Kil.-T. Martinflufseisen, wovon 1694 Kil.-T. auf basischem Herde hergestellt waren.

Solange man auf den sauren Prozefs allein angewiesen war, spielte der Siemens-Martinprozefs nur eine untergeordnete Rolle. Er diente meist als ein Hülfsprozefs, um die Flufseisenabfälle besonders bei der Schienenfabrikation vorteilhaft verwerten und in ein brauchbares Produkt überführen zu können, wobei man kaum daran dachte, bessere Qualitäten zu erzielen. Nach Einführung des basischen Futters erhielt man ein viel verwendbareres Produkt und jetzt erst begann das Flammofenflufseisen dem Flammofenschweifseisen ernstlich Konkurrenz zu machen und den Puddelprozefs einzuschränken.

Die wachsende Bedeutung des basischen Flufsstahls ergiebt sich aus folgenden Produktionsziffern:

Erzeugung von Flufseisen.

In Kilotonnen.

	Saures Verfahren	Basisches Verfahren	Zusammen	Basisches Flufseisen Prozent
1880	4 141	51	4 192	1,2
1885	4 963	959	5 922	16,2
1890	8 936	2 696	11 632	23,2
1895	9 492	5 870	15 363	38,2
1899	15 680	10 464	25 844	39,0

Aber auch für den Stahlgufs fing das Flufsmetall jetzt an, eine grofse Wichtigkeit zu erlangen, und namentlich für Gufsstücke, welche zäh und fest sein mufsten, das Gufseisen zu verdrängen. Es fand eine so grofse Verschiebung in der Verwendung der nach dem alten und nach dem neuen Verfahren dargestellten Eisensorten statt, dafs sich die alten Bezeichnungen als unzulänglich erwiesen und eine ganz neue Einteilung und Benennung der schmiedbaren Eisensorten notwendig wurde. Hierzu trug ganz besonders der Umstand bei, dafs sich ganz allgemein und überall der falsche Sprachgebrauch eingebürgert hatte, alles Flufseisen, d. h. alles im Erzeugungszustand flüssige Eisen als Stahl zu bezeichnen. Die Produkte des Bessemer- und Martinverfahrens nannte man in der Praxis stets Bessemerstahl und Martinstahl, obgleich der gröfsere Teil weiches, nicht härtbares Eisen war. Gegen die Bezeichnung Bessemerstahl hatten in England die Stahlfabrikanten von Anfang an protestiert. Sie fafsten es als unlauteren Wettbewerb auf, dafs dieses minderwertige Produkt als Stahl

Digitized by Google

bezeichnet wurde. Die Producenten und die Händler hatten aber das entgegengesetzte Interesse und da letztere das Ohr des Publikums besafsen, so bürgerte sich der Name Bessemerstahl für alle Produkte des Prozesses, ob hart oder weich, trotz des Ankämpfens dagegen, ein. Die Vertreter der Wissenschaft und Sir Henry Bessemer selbst erkannten dem Widerspruch der Gufsstahlfabrikanten eine gewisse Berechtigung zu. Sie versuchten die Bezeichnung Bessemerstahl durch Bessemermetall und Homogenmetall zu ersetzen. Dieser Versuch blieb aber ohne Erfolg, da man im Handel und Verkehr an der bequemen Bezeichnung Stahl festhielt. Anfangs, solange die Erzeugung eines stahlähnlichen Produktes das ausschliefsliche Bestreben des Bessemerprozesses war, konnte man sich noch bei dieser Bezeichnung beruhigen, nachdem man aber bei der weiteren Entwickelung des Verfahrens dazu überging, absichtlich weiches Eisen von geringerem Kohlenstoffgehalt zu erzeugen, mufste die Bezeichnung auch dieses Materials als Stahl zu Verwirrungen führen. Der wissenschaftliche Begriff Stahl deckte sich nicht mehr mit der Anwendung des Ausdrucks in der Praxis. Man suchte deshalb bereits in den sechziger Jahren nach einer anderen Definition für den Begriff Stahl und nach einer anderen Einteilung der Eisen- und Stahlsorten.

Ad. Greiner, Direktor zu Seraing, machte 1869 den Vorschlag, als Stahl alles schmiedbare Eisen, welches vorher geflossen gewesen sei, als Schmiedeeisen alles, welches aus Luppen, d. h. aus einem teigartigen Zustande erhalten worden sei, zu bezeichnen. Gegen diese radikale Reform, welche allerdings dem Begriff Stahl grofse Gewalt anthat, erhoben Gruner in Frankreich, J. Percy und Dr. W. Siemens in England, H. M. Howe in Amerika, Tunner in Österreich und andere Widerspruch. Dennoch fand der Gedanke, dafs der Entstehungszustand des Eisens die Grundlage der Einteilung bilden müsse, mehr und mehr Anklang. Dr. H. Wedding hatte in Deutschland bereits 1869 für alle aus flüssigem Zustand gebildete Eisensorten die bezeichnenden Namen „Flufsstahl“ und „Flufseisen“ in Vorschlag gebracht, die sich bald einbürgerten. Den aus Erzen erhaltenen Stahl bezeichnete er als „Erzstahl“, den Cementstahl als „Kohlenstahl“; letztere Bezeichnung fand jedoch keinen Anklang.

Je mehr die Verwendung von „Flufsstahl“ zunahm, je dringender wurde das Bedürfnis für eine allgemein gültige Bezeichnung und Einteilung der Eisensorten. Im Jahre 1876 trat deshalb bei Gelegenheit der amerikanischen Weltausstellung in Philadelphia ein Komitee zur Regelung dieser Frage zusammen. Darin waren vertreten England

Digitized by Google

durch J. Lowthian Bell, die Vereinigten Staaten von Nordamerika durch A. L. Holley und Thomas Egleston, Deutschland durch Dr. H. Wedding, Frankreich durch L. Gruner, Österreich durch P. Tunner und Schweden durch Rich. Åkerman. Man nahm den Entstehungszustand, ob flüssig oder teigig, als Prinzip der Einteilung für die schmiedbaren Eisenarten an und verständigte sich im allgemeinen über folgendes Schema[1]):

Eisen
- Roheisen (Gufseisen) (leicht schmelzbar, nicht schmiedbar)
  - Weifses Roheisen (ohne Graphit)
  - Graues Roheisen (mit Graphit)
- Schmiedbares Eisen (schmiedbar, schwer schmelzbar)
  - Flufseisen (in geschmolzenem Zustande erhalten)
    - Flufsstahl (härtbar)
    - Flufs-schmiedeeisen (nicht härtbar)
  - Schweifseisen (im teigigen Zustande erhalten)
    - Schweifsstahl (härtbar)
    - Schweifs-schmiedeeisen (nicht härtbar)

Die Kommission begründete ihren Beschlufs folgendermafsen:

„In Berücksichtigung, dafs die in neuerer Zeit entwickelte Erzeugung von weichen, gegossenen, schmiedbaren Eisenverbindungen durch den Bessemer-, Siemens-Martin- und Tiegelstahlprozefs eine neue Nomenklatur der Eisenverbindungen zu erheischen scheint und zwar aus folgenden Gründen:

1. Das Wort „Stahl", womit diese weichen Erzeugnisse im Handel- und Gewerbeverkehr in England und in den Vereinigten Staaten bezeichnet werden, scheidet diese Erzeugnisse nicht in scharfer Weise von denjenigen, welche man bisher Stahl genannt hat und welche sich härten und tempern lassen;
2. die Aufstellung einer in allen Sprachen anerkannten Nomenklatur erscheint wünschenswert, sowohl für den Handel als für die Wissenschaft und dies um so mehr, als die Entscheidung von Rechtsstreitigkeiten, die in der That begonnen haben, von der Bedeutung des Begriffs „Stahl" abhängig ist;
3. obgleich homogenes Gefüge, wie solches durch die Schmelzung erzeugt wird (homogenity due to fusion) als das bestimmteste Merkmal von weichem sowohl als hartem Stahl gewöhnlich und insbesondere auch von dieser Kommission anerkannt wird, so

[1]) Siehe Dr. H. Wedding, Handbuch der Eisenhüttenkunde III, S. 796, Anmerkung.

Digitized by Google

kann doch das Vorhandensein dieses Gefüges auch auf andere Weise gedeutet und sonach die alte Bezeichnung „Stahl“ denjenigen Eisenverbindungen belassen werden, welche man härten und tempern kann; —

deshalb beschliefst die Kommission, folgende Nomenklatur zur Annahme zu empfehlen:

1. Alle geschmiedeten Eisenverbindungen von gewöhnlicher Zusammensetzung, welche entweder aus teigigen Massen der durch Paketierung oder auf irgend eine andere Weise, Schmelzung ausgenommen, hergestellt sind und welche sich nicht merkbar härten und tempern lassen, und welche überhaupt denjenigen Stoffen gleichen, die jetzt als „Schmiedeeisen“ bezeichnet werden, sollen Schweifseisen (engl.: weld iron, franz.: fer soudé, schwed.: vällmetall) genannt werden.
2. Wenn so dargestellte Verbindungen sich aus irgend einer Ursache härten und tempern lassen und demselben Stoffe gleichen, welcher jetzt „Puddelstahl“ genannt wird, so sollen dieselben als Schweifsstahl (engl.: weld steel, franz.: acier soudé, schwed.: vällstål) bezeichnet werden.
3. Alle schmiedbaren Eisenverbindungen von gewöhnlicher Zusammensetzung, welche durch Giefsen aus einem flüssigen Zustande erhalten worden sind und welche dadurch, dafs man sie zur Rotglut erhitzt und in Wasser abkühlt, sich nicht merklich härten, sollen Flufseisen (engl.: ingot iron, franz.: fer fondu, schwed.: gotmetall) genannt werden.
4. Alle solche Eisenverbindungen, wie unter 3. beschrieben, welche aber aus irgend einer Ursache sich auf dem angegebenen Wege härten lassen, sollen Flufsstahl (engl.: ingot steel, franz.: acier fondu, schwed.: gotstål) heifsen.“

Die von der Kommission vorgeschlagene Nomenklatur fand Annahme und ist heute ziemlich allgemein in Anwendung. Anders verhielt es sich mit der obigen, von Dr. H. Wedding zuerst mitgeteilten Einteilung. Dieselbe stiefs auf zahlreichen Widerspruch, weil das, was man seither als Stahl unter einer einfachen Bezeichnung zusammengefafst hatte, durch dieses Schema ganz auseinandergerissen wurde. Puddelstahl, Cementstahl und Raffinierstahl gehörten zum Schweifseisen, Gufsstahl dagegen zum Flufseisen. Die Erörterung dieser Frage rief eine weitläufige Litteratur hervor. Das Ergebnis des Kampfes war, dafs man in Deutschland, Österreich und Schweden an obiger Einteilung festhielt, während man in England, Frankreich

Digitized by Google

und den Vereinigten Staaten eine abgeänderte Einteilung, welche zwar weniger logisch, dem Sprachgebrauch aber angepafster war, annahm. Dr. **Wedding**, der an der Einführung der erstgenannten Einteilung einen hervorragenden Anteil hat, nennt die ersteren deshalb die germanische Namenbezéichnung, während er die andere, nachfolgende Einteilung die amerikanische oder neuerdings die romanische Namenbezeichnung nennt[1]). Diese ist wie folgt:

Eisen
- Roheisen
- Schmiedbares Eisen
  - Stahl
    - Härtbarer Stahl
    - Nicht härtbarer Stahl
  - Eisen

Bei dieser Einteilung fällt alles Flufseisen unter „Stahl“ und wird hier das, was in der germanischen Namenbezeichnung Flufsschmiedeeisen heifst, nicht härtbarer Stahl genannt, was freilich ein starker Widerspruch ist, indem doch gerade die Härtbarkeit von jeher das wichtigste Unterscheidungsmerkmal des Stahls war. Es mufs erwähnt werden, dafs für diese Einteilung wenigstens in den Vereinigten Staaten zollpolitische Gründe mitgewirkt haben. Im Anschlufs an diese Einteilung unterschied man bei den amerikanischen Eisenbahnen alles Eisen in 1. Roheisen, 2. Gufseisen, 3. Schweifseisen, 4. Schweifsstahl, 5. Flufseisen, 6. Flufsstahl; die Bezeichnungen Schmiedeeisen und Gufsstahl fielen fort.

Die **technischen Fortschritte**, welche die aufserordentlichen Leistungen der letzten 25 Jahre ermöglichten und welche sich auf alle Gebiete der Eisenindustrie erstrecken, werden wir in den folgenden Abschnitten erörtern. Diese Fortschritte wurden erzielt durch chemisch-metallurgische Verbesserungen, unter denen die Anwendung basischer Auskleidungen von besonderer Wichtigkeit waren, durch Verbesserungen der Brennstoffe und der Verbrennung, wodurch es gelang, höhere Temperaturen in gröfseren Apparaten dauernd zu erzielen und endlich durch Verbesserung der mechanischen Hülfsmittel, worunter namentlich die immer mannigfaltigere und grofsartigere Verwendung des hydraulischen Druckes hervorzuheben ist.

Anregung zu diesen Fortschritten gaben die immer allgemeinere Verwendung des Eisens und die Steigerung der Anforderungen an die Qualität des Produktes. Letztere zwangen dazu, die Eisenfabrikate viel genauer zu untersuchen und zu prüfen wie früher. Die Hüttenlaboratorien erhielten eine erhöhte Wichtigkeit und Bedeutung und

[1]) **Wedding**, Handbuch der Eisenhüttenkunde, 2. Aufl., I, S. 21.

Digitized by Google

wo diese nicht mehr ausreichten, traten grofse Versuchsanstalten, welche vom Staate an den technischen Hochschulen und Akademieen oder auch von gröfseren Verbänden ins Leben gerufen wurden, erfolgreich ein.

Eine weitere Anregung gaben die immer häufiger werdenden Ausstellungen, unter denen die grofsartigen Weltausstellungen von ganz besonderer Wirkung waren. Sie verbreiteten nicht nur technische Kenntnisse und regten zum Wettkampf an, sondern sie erweiterten auch den Gesichtskreis, weckten das Interesse und die Achtung vor den Leistungen anderer Nationen, sie knüpften auf dieser Grundlage freundschaftliche Bande und erzeugten das, was wohl die schönste Errungenschaft der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ist, das Gefühl internationaler Gemeinschaft auf dem Gebiete der Technik. Allerdings hatten die Weltausstellungen auch ihre Schattenseiten. Dadurch, dafs sie durch Schaugepränge grofse Massen von Besuchern anzulocken suchten, und jede nachfolgende bestrebt war, die vorhergehende zu übertreffen, nahmen sie immer mehr den Charakter riesiger Weltjahrmärkte an und wurden für die Aussteller immer kostspieliger. Die Vorteile überwogen aber die Nachteile, ganz besonders der erziehliche Vorteil für die Gesamtheit.

Die erste grofse Weltausstellung in dieser Periode war die zu Wien im Jahre 1873. Sie fiel in das Ende des grofsen industriellen Aufschwungs und in den Anfang der grofsen Krisis, die man deshalb in Deutschland oft als den „Wiener Krach“ bezeichnete. Die Eisenindustrie Österreichs und Deutschlands waren auf dieser Ausstellung vorzüglich vertreten. Die deutsche Reichsregierung hatte auf ein würdiges Auftreten besonderen Wert gelegt, weil das geeinigte Deutschland zum erstenmal an einer Weltausstellung teilnahm. Die Zahl der Aussteller betrug 39 500, die der Besucher 7 254 687. 1876 folgte die grofse Weltausstellung zu Philadelphia, zugleich als Jubelfeier der einhundertjährigen Unabhängigkeit der Vereinigten Staaten von Nordamerika (Centennial Exhibition). Sie war von Europa gut beschickt. Von Deutschland nahmen 1001 Aussteller daran teil. Diese Ausstellung, welche die Veranlassung gab, dafs viele europäische und besonders auch deutsche Techniker und Eisenfachleute Amerika besuchten und die amerikanische Eisenindustrie aus eigener Anschauung kennen lernten, knüpfte die Bande zwischen der europäischen und amerikanischen Eisenindustrie weit inniger wie zuvor, woraus der Entwickelung des Eisenhüttenwesens beider Gebiete Vorteil erwuchs.

Digitized by Google

1878 folgte die dritte Weltausstellung zu Paris, welche einen glänzenden Verlauf nahm. Obgleich die deutsche Industrie dieselbe nicht beschickte, so nahmen doch nicht weniger als 53 000 Aussteller daran teil, also mehr als die dreifache Anzahl wie bei der ersten Londoner Ausstellung, und die Menge der Besucher betrug 16 226 742.

1879 bis 1881 folgten die zwei Weltausstellungen zu Sydney und Melbourne, wodurch die Eisenindustrie der europäischen Staaten Gelegenheit fand, mit Australien in nähere Beziehung zu treten. — Von geringerer Bedeutung waren die sogenannten Weltausstellungen zu Moskau 1882, zu Amsterdam 1883, zu Nizza und Calcutta 1883/84 und zu Antwerpen 1885.

1889 fand dagegen wieder eine grofsartige Weltausstellung zu Paris statt, auf welcher das Eisen in dem bis dahin höchsten Bauwerke der Welt, dem „Eiffelturm“, von dem Ingenieur Eiffel ganz aus Eisen konstruiert, einen „hervorragenden“ Triumph feierte. An äufserem Glanz überstrahlte diese Ausstellung alle früheren, man zählte $32\frac{1}{2}$ Mill. Besucher.

1893 erfolgte die noch viel grofsartiger angelegte Weltausstellung zu Chicago, zugleich als 400jährige Jubelfeier der Entdeckung von Amerika durch Christoph Columbus (Columbian Exhibition). In ihr war die deutsche Eisenindustrie vorzüglich vertreten, besonders bildeten Friedrich Krupps Stahlerzeugnisse für Krieg und Frieden den Glanzpunkt der Ausstellung. Im Jahre 1900 fand die fünfte grofse Weltausstellung in Paris statt, die alle vorhergegangenen an äufserem Glanz übertraf.

Wenn die Ausstellungen auch vielfach die Anregung dazu gaben, dafs die Eisenhüttenleute der verschiedenen Länder und Weltteile in nähere Beziehungen zu einander traten, so waren es vor allem die Fachvereine, welche diese Anregung aufnahmen und in Thaten umsetzten. Ihnen gebührt deshalb ganz besonderes Verdienst an dem grofsen Werk internationalen Ideenaustausches und internationalen Zusammenwirkens.

In Grofsbritannien war es das Iron and Steel Institute, welches den Kreis seiner segensreichen Thätigkeit erweiterte, indem es von Zeit zu Zeit seine Wanderversammlungen aufserhalb der heimischen Grenzen in das Ausland verlegte; so hielt es Versammlungen ab in Paris, Philadelphia, Düsseldorf (1880) u. s. w. Es lud hervorragende Fachleute zur Abhaltung von Vorträgen ein und ehrte die bedeutendsten derselben durch Verleihung der goldenen Bessemermedaille.

Digitized by Google

In Deutschland war es der Verein deutscher Ingenieure, besonders aber der seit dem 28. November 1880 davon abgezweigte Verein deutscher Eisenhüttenleute[1]), welche in diesem Sinne wirkten und die Beziehungen zu den verwandten britischen und amerikanischen Vereinen pflegten. Hatten schon 1876 eine grofse Zahl von Mitgliedern des erstgenannten Vereins Amerika besucht, so folgten 1890 136 Mitglieder des Vereins deutscher Eisenhüttenleute und an 300 Mitglieder des Iron and Steel Institute einer Einladung des American Institute of Mining Engineers zur Besichtigung der grofsen Eisen- und Stahlwerke der Vereinigten Staaten. Der Verein deutscher Eisen- und Stahlindustrieller wirkte aufser für die heimischen Interessen namentlich auf dem Gebiete des Unfallwesens, hauptsächlich für die Statistik.

Dieselbe Rolle spielte in Amerika die schon früher genannte American Iron and Steel Association, während unter den zahlreichen Fachvereinen das American Institute of Mining Engineers die erste Stelle einnahm. 1889 hatten 270 Mitglieder desselben eine Informationsreise nach England gemacht, bei welcher Gelegenheit auch 45 derselben auf Einladung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute Rheinland und Westfalen besuchten.

Ähnliche Vereine waren in Belgien und Frankreich entstanden. Dieser wechselseitige Verkehr wirkte in hohem Mafse anregend.

Einen wichtigen Anteil an den Fortschritten dieser Periode nehmen auch die Lehranstalten, von denen sich die in Deutschland und Österreich eines alten Rufes erfreuten. In den Vereinigten Staaten von Nordamerika machte das technische Unterrichtswesen ganz besondere Fortschritte.

Das mächtigste Förderungsmittel für die Entwickelung der Eisenhüttenkunde war aber die Litteratur, die sich in grofsartiger Weise während der letzten 25 Jahre entfaltete. Bei der Raschheit der Fortschritte erlangte die periodische Litteratur, welche in zahlreichen Fachzeitschriften zum Worte kam, ganz besondere Bedeutung. Daneben erschienen Monographieen in grofser Zahl. Bei alledem blieb aber die Buchlitteratur nicht zurück und erschienen in dieser Zeit eine ganze Reihe vorzüglicher Lehr- und Handbücher über Stahl und Eisen.

Wir müssen uns auf ein Verzeichnis der wichtigsten litterarischen Erscheinungen beschränken[2]).

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1893, S. 826.

[2]) Der Raum gestattet es nicht, auf die zum Teil vorzüglichen Veröffentlichungen der Zeitschriften im einzelnen einzugehen. Wer sich hierüber unter-

Digitized by Google

Übersicht der Litteratur zur Eisenindustrie seit 1870.

Allgemeines. Geschichte. Statistik.

Greenwood, Metallurgy. 1874.
Jordan, Album du cours de métallurgie. Paris 1875.
Lindheim, W. von, Beiträge zur Beurteilung der Lage der Eisenindustrie.
Lindheim, W. von, Kohle und Eisen im Weltverkehr. 1865 bis 1876.
Pechar, A., Kohle und Eisen in allen Ländern. Berlin 1878.
Ledebur, A., Die Öfen für metallurgische Zwecke. 1878.
Gruner, M. L., Traité de Métallurgie. 1875 bis 1878.
Gruner L., Abhandlungen über Metallurgie, übersetzt von Fr. Kuppelwieser 1877.
Siemens, Dr. W., Einige wichtige technische Fragen der Gegenwart. 1879.
Balling, C. A. W., Grundrifs der Elektrometallurgie. Stuttgart 1880.
Overmann, Fr., A treatise on metallurgy, 6th edition. 1882.
Gruner, M. L., Métallurgie. Principes généraux. Paris 1882.
Uhland, W. H., Hüttenwesen, Eisen- und Metallgiefserei, Holz- und Steinbearbeitung. Leipzig 1883.
Gurlt, A., Bergbau- und Hüttenkunde. Darstellung der geschichtlichen und kunstgemäfsen Entwickelung des Bergbaues und Hüttenwesens, 3. Auflage. Essen 1884 (zweite Auflage 1879).
Andree, R., Die Metalle bei den Naturvölkern, mit Berücksichtigung der prähistorischen Verhältnisse. Leipzig 1884.
Schweigger-Lerchenfeld, A. von, Das eiserne Jahrhundert. Wien 1884.
Swank, James M., History of the manufacture of iron in all ages 1885. Second Edition 1892.
Balling, C. A. M., Die Metallhüttenkunde. 1885.
Beckert, Th., Einleitung zur Eisenhüttenkunde. 1885.
Schnablegger, J., Leitfaden der allgemeinen Hüttenkunde nebst dem Wichtigsten aus der Hüttenmaschinenlehre. Wien 1885.
Kuppelwieser, Frz., Die Entwickelung der Eisenproduktion in den letzten Decennien. Wien 1886.
Ledebur, A., Die Metalle, ihre Gewinnung und ihre Verarbeitung. Stuttgart 1887.
Mehrtens, G., Eisen und Eisenkonstruktionen in geschichtlicher, hüttenmännischer und technologischer Beziehung. Düsseldorf 1887.
Schnabel C., Lehrbuch der allgemeinen Hüttenkunde. Berlin 1890.
Philipps, J. A., Elements of Metallurgy. 1891.
Borchers, W., Elektrometallurgie. Braunschweig 1891.
Wedding, H., Statistik des Eisens. Düsseldorf 1891.
Burnie, R. W., Memoir and letters of Sidney Gilchrist Thomas inventor. London 1891.
Karmarsch und Heeren, Technisches Wörterbuch, 3. Auflage, bearbeitet von Kick und Gintl. 11 Bde. Prag 1874 bis 1893.
Harrison, Elements of Metallurgy. 1894.
Lunge, G., Das Zeitalter des Stahls. Hamburg 1894.
Vorträge, gehalten auf dem allgemeinen Bergmannstage in Klagenfurt. Wien 1894.
Swank, W., Statistic of the American and foreign iron trades. Philadelphia.
Howe, Henry Marion, The Metallurgy of Steel. New York 1890.

---

richten will, findet die besten Nachweise in der Zeitschriftenschau, welche in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure fortlaufend veröffentlicht wird. Weitere Angaben geben die Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preufsischen Staate, und Ledebur, Handbuch der Eisenhüttenkunde.

Digitized by Google

Neumann-Spallart, Übersichten der Weltwirtschaft 1885, fortgesetzt von Dr. F. v. Juraschek 1890.

Atkinson, Ed., The future situs of the principal iron prod. of the world. Baltimore 1891.

Dürre, Dr. E. Fr., Die Metalle und Legierungen im Dienste der Heere und der Kriegsflotten. Hannover 1894.

The Mineral Industry, its Statistics, Technology and Trade from the earliest times to the close of 1894. New York.

Birkinbine, John, The production of iron-ores. (Jährlich.)

Dürre, Dr. E. Friedr., Vorlesungen über allgemeine Hüttenkunde. Halle 1898.

Rothwell, Richard P., The Mineral Industry etc. (VI. Jahrg.)

Lueger, Otto, Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hülfswissenschaften. Stuttgart.

Ledebur, A., Lehrbuch der mechanisch-metallurgischen Technologie, 2. Auflage. 1898.

Kirschner, L., Grundrifs der Erzaufbereitung. 1899.

Mehrtens, Der Brückenbau sonst und jetzt. 1899.

Leobner, H., Geschichte der direkten Eisen- und Stahlerzeugung. 1900.

Ausstellungsberichte.

Schott, E., Kurzer Bericht über die Eisenhüttenprodukte auf der Wiener Weltausstellung 1873.

Serlo und G. Stölzel, Bergbau und Hüttenwesen auf der Wiener Weltausstellung 1873.

Gurlt, A., Amtlicher Bericht der Wiener Weltausstellung 1873, Bd. III. Braunschweig 1875.

Dürre, E. F., Das Eisenhüttenwesen auf der Wiener Weltausstellung. Berlin 1876.

Blake, W. B., Iron and Steel at the Vienna Exhibition. 1876.

Althans, F., Das Berg- und Hüttenwesen auf der Ausstellung in Philadelphia 1876.

Duteil, P., La métallurgie du fer à l'exposition universelle à Paris de 1878.

Kuppelwieser, Franz, Das Hüttenwesen auf der Weltausstellung zu Paris 1878.

Bouhy, V., La fonte, le fer, l'acier à l'exposition universelle de 1878. Bruxelles 1879.

Lan, La métallurgie de l'exposition de 1878.

Åkerman, Eisenhüttenwesen auf der Pariser Weltausstellung von 1878.

Kerpely, A. von, Eisen und Stahl auf der Weltausstellung in Paris im Jahre 1878. Leipzig 1879.

Kollmann, Dr., Das Eisenhüttenwesen auf der Düsseldorfer Ausstellung 1880.

Gouvy, A., Das Berg- und Hüttenwesen auf der Pariser Ausstellung 1889.

Hallopeau et Combredon, La métallurgie (fonte, fer, acier) à l'exposition universelle de 1889. Paris 1892.

Monthaye, E., Krupp à l'exposition de Chicago de 1893. Bruxelles 1894.

Gängl von Ehrenwerth, Jos., Das Berg- und Hüttenwesen auf der Weltausstellung in Chicago. Wien 1895.

Brennstoffe, Wärmemittel und Feuerungsanlagen.

Grothe, H., Die Brennmaterialien und die Feuerungsanlagen für Fabriken, Gewerbe und Haus. Weimar 1870.

Zinken, E. F., Die Braunkohle und ihre Verwendung. Hannover 1871.

Gillot, De la carbonisation du bois. Paris 1872.

Hausding, A., Industrielle Torfgewinnung und Torfverwertung. Berlin 1873.

Siemens, W. C., Über Brennstoff. 1874.

Digitized by Google

Steinmann, F., Kompendium der Gasfeuerung in ihrer Anwendung auf die Hüttenindustrie. Freiburg 1876.

Stöckmann, C., Die Gase des Hochofens und der Siemens-Generatoren. Ruhrort 1876.

Bischof, Carl, Die feuerfesten Thone mit Berücksichtigung der feuerfesten Materialien überhaupt. Leipzig 1876.

Stegmann, H., Die Torfgasfeuerung. 1877.

Ledebur, A., Die Öfen für metallurgische Zwecke. Freiberg 1878.

Hamelius, Combustion et purification du gaz des hauts-fourneaux. 1878.

Lencauchez, Étude sur les combustibles etc. Paris 1878.

Beschreibung des Gröbe-Lürmann-Generators. Osnabrück 1878.

Steinmann, F., Bericht über die neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der Gasfeuerung. Berlin 1879.

Dromart, Traité de la carbonisation des forêts. Paris 1880.

Birnbaum, E. u. K., Die Torfindustrie und die Moorkultur. Braunschweig 1880.

Becker, M., Die Aufbereitung und Verkokung der Steinkohlen nach Th. von Bauers Methode. Wien 1880.

Galloway, Treatise on fuel. 1880.

Pütsch, Albert, Über Gasfeuerungen. Sachliche Würdigung der in Deutschland erteilten Patente. Berlin 1881.

Stegmann, H., Gasfeuerung und Gasöfen. Berlin 1881.

Ramdohr, L., Die Gasfeuerung. 2. Auflage. Leipzig 1881.

Ehrenwerth, J. Gängl von, Die Regenerierung der Hochofengase. Leipzig 1883.

Jüptner, H. von, und Fr. Toldt, Chemisch-kalorische Studien über Generatoren und Martinöfen. Leipzig 1883.

Otto, Dr., Die neuesten Resultate in Bezug auf Gewinnung der Nebenprodukte bei Koksöfen. Düsseldorf 1884.

Siemens, Friedrich, Heizverfahren mit freier Flammenentfaltung. 1885.

Lürmann, F. W., Das Friedrich Siemenssche Heizverfahren mit freier Flammenentfaltung. Düsseldorf 1885.

Thenius, G., Die Meiler- und Retortenverkohlung. Wien 1885.

Quaglio, J., Die feuerfesten Materialien. Berlin 1886.

Schneider, R., Allgemeine Anweisungen für den Bau und Betrieb der Regenerativ-Gasöfen. Leipzig 1886.

Siemens, Fr., Über den Verbrennungsprozefs mit besonderer Berücksichtigung der praktischen Erfordernisse. Berlin 1887.

Fischer, F., Die chemische Technologie der Brennstoffe. Braunschweig 1880 bis 1887. 2. Auflage 1897.

Bauer, Th. von, Über neuere Koksöfen. 1887.

Bauer, Th. von, Fabrication du coke au moyen de l'anthracite. Expériences faites aux mines de Creusot.

Simmersbach, F., Die Koksfabrikation im Oberbergamtsbezirk Dortmund. Berlin 1887.

Pütsch, A., Neue Gasfeuerungen. Sachliche Würdigung der seit 1880 auf diesem Gebiete in Deutschland erteilten Patente. 1887.

Fischer, F., Feuerungsanlagen für häusliche und gewerbliche Zwecke. Carlsruhe 1889.

Ehrenwerth, J. von, Wassergas und Brennstoff. Düsseldorf 1889.

Ledebur, A., Die Gasfeuerung für metallurgische Zwecke. Leipzig 1891.

Jüptner von Jonsdorff, Die Untersuchungen der Feuerungsanlagen. Wien 1891.

Much, F., Die Chemie der Steinkohle. Leipzig 1891.

Dürre, E. F., Die neueren Koksöfen. Neuerungen und Fortschritte im Kokereibetriebe und Bau der Koksöfen. Leipzig 1892.

Digitized by Google

Lürmann, F. W., Die Leistungen und Vorteile der Semet-Solvay-Koksöfen. Osnabrück 1893.

Toldt, Friedr., Über Details an Siemens-Martinöfen. 1893.

Häusermann, Dr. C., Industrielle Feuerungsanlagen. 1894.

Fischer, Dr. F., Jahrbuch für Feuerungstechniker, 2. Auflage. Stuttgart 1893.

Daelen, Aug., Gasflammofen mit darunterliegendem Recuperator. 1895.

Simmersbach, Oskar, Grundlagen der Kokschemie. Berlin 1895.

Weeks, Jos. D., The Manufacture of Coke. 1895.

Simmersbach, F., Die Fortschritte der Koksfabrikation im Oberbergamtsbezirk Dortmund in den letzten 10 Jahren. Berlin 1896.

Fritzsche, Dr. G., Die Untersuchung und Bewertung der Brennstoffe. 1898.

Beckert, Th., Feuerungskunde (I. Abteilung der Eisenhüttenkunde, 2. Auflage). Berlin 1898.

Bilbarz, Oskar, Die mechanische Aufbereitung von Erzen und mineral. Kohle. Leipzig 1897.

Fischer, Dr. F., Die chemische Technologie der Brennstoffe. Braunschweig 1897.

Schwartze, Th., Katechismus der Heizung, Beleuchtung und Ventilation. Leipzig 1897.

Simmersbach-Andersen, Chemistry of Coke. 1899.

Pütsch, Alb., Neuere Gas- und Kohlenstaubfeuerungen.

Chemie.

Bell, Lowthian, Chemical phenomena of iron smelting. 1871.

Kerl, B., Grundriß der Eisenprobierkunst. Leipzig 1875.

Winkler, Klemens, Anleitung zur chemischen Untersuchung der Industriegase. Freiberg 1876.

Åkerman, B., Über den Einfluß von Silicium, Schwefel, Phosphor und Mangan auf die Eigenschaften des Eisens; deutsch von J. von Ehrenwerth. 1877.

Keßler, F., Über die Bestimmung des Mangans, besonders in Eisen-Manganlegierungen. 1878.

Henning, Über die Entfernung des Phosphors aus Erzen und Roheisen. Berlin 1879.

Eggertz, Chemische Prüfung des Eisens, der Eisenerze und Brennstoffe. 1881.

Kerl, B., Metallurgische Probierkunst, 2. Auflage. 1882.

Bayley, Th., The assay and analysis of iron and steel, iron ores and fuel. London 1884.

Schellhammer, H., Konstruktion von Gasanalysenapparaten für die praktische Verwendung in Hüttenwesen und Fabriken. Leipzig 1884.

Jüptner von Jonsdorff, Hans von, Praktisches Handbuch für Eisenhütten-Chemiker. Wien 1885.

Ledebur, A., Leitfaden für Eisenhüttenlaboratorien, 2. Auflage. 1885.

Troilus, M., Notes on the chemistry of iron, 2d ed. New York 1886.

Fresenius, R. G., Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse etc., 6. Aufl., 2 Bde. Braunschweig 1873 bis 1887.

Sherrard, J. M., Iron analysis record. 1887.

Osmond, Transform. du fer et du carbone dans les fers, les aciers et les fontes blanches. Paris 1888.

Analysen, ausgeführt im Laboratorium der K. K. Probieranstalt zu Wien in den Jahren 1873 bis 1882, zusammengestellt von M. von Lill; von 1884 bis 1887 zusammengestellt von E. Priwoznik. Wien 1874 bis 1888.

Williams, W. M., The chemistry of iron and steel making and of their practical uses. London 1890.

Post, Jul., Chemisch-technische Analyse, 2. Auflage, 2 Bde. Braunschweig 1891.

Blair, A. A., The chemical analysis of iron. Philadelphia 1891.

Blair, A. A., Die chemische Untersuchung des Eisens, deutsch von L. Rürup. 1892.

Digitized by Google

Böckmann, F., Chemisch-technische Untersuchungsmethoden der Grofsindustrie der Versuchsstationen und Handelslaboratorien, 3. Aufl., 2 Bde. Berlin 1892.

Mukai, T., Studien über chemisch-analytische und mikroskopische Untersuchungen des Manganstahls. Freiberg 1892.

Cornut, E., Étude sur les essais des fers et des aciers. Paris 1892.

Winkler, Cl., Techn. Gasanalyse. 1892.

Göttig, Ch., Untersuchungen über die Bestimmung des Kohlenstoffs in Eisen und Stahl. Berlin 1894.

Ledebur, A., On the modification of carbon in iron. London 1894.

Wedding, H., Die Eisenprobierkunst. Eine Anleitung zur chemischen Untersuchung von Eisen und anderen im Eisenhüttenwesen gebrauchten Körpern. Braunschweig 1894.

Jüptner, H. von, Fortschritte im Eisenhüttenlaboratorium. 1895.

Bell, Sir Lowthian, Das Schmelzen der Eisenerze vom chemischen Standpunkt aus betrachtet. 1891.

Compredon, Louis, Guide Pratique du Chimiste-Métallurgiste et de l'Essayeur. 1898.

Arth, G., Recueil de Procédés de Dosage pour l'analyse des Combustibles, des Minerais de fer, des Fontes, des Aciers et des Fers. Paris 1897.

Physik.

Knut Styffe, Die Festigkeitseigenschaften von Eisen und Stahl, deutsch von C. M. von Weber. Weimar 1870.

Bauschinger, J., Versuche über die Festigkeit des Bessemerstahls des Walzwerks Ternitz. 1873.

Grenfell, Fer fondu, fer forgé et acier considérés dans leur force de résistance contre les chocs des projectiles de gros calibre. Paris 1877.

Bauschinger, Resultat der Festigkeitsversuche, angestellt im Auftrage des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen an Probestücken aus Bessemer- und Tiegelgufsstahl im mechanisch-technischen Laboratorium der technischen Hochschule München. 1878.

Wachler, F., Vergleichende Qualitätsuntersuchungen rheinisch-westfälischer und ausländischer Giefserei-Roheisen. 1879.

Åkerman, R., On hardening iron and steel. 1879.

Kollmann, J., Über die Festigkeit des erhitzten Eisens. Berlin 1880.

Die Eigenschaften von Eisen und Stahl, von der technischen Kommission der deutschen Eisenbahnverwaltungen. Wiesbaden 1880.

Strouhal, V., und C. Barns, Über Anlassen des Stahls und Messung seines Härtezustandes. Würzburg 1881.

Strouhal, V., und C. Barns, Über den Einflufs der Härte des Stahls auf dessen Magnetisierbarkeit und des Anlassens auf die Haltbarkeit der Magnete. Würzburg 1882.

Geraudo, L. de, Les Fers et Aciers modernes considérés à un point de vue rationel et sous celui de leurs propriétés mécaniques et électriques. Paris 1885.

Tetmayer, L., Mitteilungen der Anstalt zur Prüfung der Baumaterialien. 1886.

Zusammenstellung der Resultate der von dem Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen in der Zeit vom 1. Oktober 1883 bis dahin 1884 mit Eisenbahnmaterial dargestellten Qualitätsproben. Wiesbaden 1887.

Bolz, C. H., Der Pyrometer. Kritik der bisher konstruierten höheren Temperaturmesser in wissenschaftlicher technischer Hinsicht. Gekrönte Preisschrift. Berlin 1888.

Kalakoutzky, N. V., Étude sur les tensions intérieures dans les fontes de l'acier. Nancy 1888.

Ledebur, A., Versuche über die Beiz- und Rostbrüchigkeit des Eisens. Berlin 1890.

Back, C., Versuche über die Widerstandsfähigkeit ebener Platten. 1890.

Tetmajer, L., Methoden und Resultate der Prüfung der Festigkeitsverhältnisse des Eisens und der anderen Metalle. Bern 1891.

Wedding, H., Das Kleingefüge des Eisens. Mikroskopische Originalphotographieen. Berlin 1891.

Vosmaer, A., The mechanical and other properties of iron and steel in connection with their chemical composition. 1892.

Behrens, H., Das mikroskopische Gefüge von metallischen Legierungen. 1894.

Reden, Phil., Festigkeitstabellen für Flachstäbe und Rundstäbe. 1894.

Weinlich, Zerreifs-Tabellen. Tabellen zur Bestimmung der Elastizitätsgrenzen, Zugfestigkeit und Kontraktion bei Rundstäben aus Stahl, Eisen und Kupfer. Essen 1894.

Bach, C., Elastizität und Festigkeit. 3. Auflage. Berlin 1898.

Diegel, Prüfung der Metalle auf Zugfestigkeit und Dehnung. 1898.

Weber, W., Graphische Tafeln zur Bestimmung der Tragfähigkeit gufseiserner und schmiedeeiserner Säulen und Träger. 1900.

Schmidt, Dr. Erich, Die magnetische Untersuchung des Eisens. Halle 1900.

Eisenhüttenkunde.

Wedding, H., J. Percy, Ausführliches Handbuch der Eisenhüttenkunde, III. Teil. Braunschweig 1874.

Valerius, B., La fabrication du fer et de l'acier, 3me éd. Paris 1875.

Kerl, B., Grundrifs der Eisenhüttenkunde. 1876.

Garnier, J., Le Fer. Paris 1876.

Hoare, Th., Iron and Steel. 1876. 8me éd. 1879.

Ehrenwerth, Jos. von, Neuere Fortschritte in der Erzeugung von Eisen und Stahl. nach Vortrag von Åkerman. 1878.

Zabé, Traité théorique et pratique du travail du fer et de l'acier. Paris 1878.

Kuppelwieser, Fr., Das Hüttenwesen mit besonderer Berücksichtigung des Eisenhüttenwesens. 1879.

Dürre, Dr. E. F., Zukunftsfragen der Eisen- und Stahlindustrie. Wien 1879.

Jeans, Steel, its history, manufacture, properties etc. London 1880.

Wedding, H., Grundrifs der Eisenhüttenkunde, 3. Auflage. 1880.

Japing, E., Eisen und Eisenwaren. I. Teil, Die Darstellung des Eisens und der Eisenfabrikate. Wien 1881.

Armengaud, Ainé, Métallurgie (Préparation, Fonte, Fer, Acier etc.). Paris 1882.

Bauermann, H., Metallurgy of Iron. 1883.

Thurston, R. H., Iron and Steel. The ores of iron, methods of reduction, manufacturing processes etc. New York 1883.

Kerpely, A. von, Die Anlage und Einrichtung der Eisenhütten. 1873 bis 1884.

Bell, J. Lowthian, Principles of the manufacture of iron and steel. London 1884.

Ledebur, A., Handbuch der Eisenhüttenkunde. Leipzig 1884.

Rodriguez-Alonso, D. J., Tratado de siderurgia. Madrid 1884.

Zopetti, V., Arte siderurgica. Nozione sulla produzione della ghisa, del ferro e del acciajo. Milan 1884.

Wedding, H., Der basische Bessemer- oder Thomasprozefs. Ergänzungsband zu dem Handbuch der Eisenhüttenkunde. Braunschweig 1884.

Beckert, Th., Leitfaden der Eisenhüttenkunde. 1885. 2. Aufl. 1898.

Schönmetzler, F., Katechismus der Eisenhüttenkunde mit besonderer Berücksichtigung der Eisenhüttenbetriebe in den österreichischen Alpenländern. Wien 1886.

Troilus, Magnus, Notes on the Metallurgy of Iron, 2d ed. New York 1886.

Digitized by Google

Wedding, H., Aufgaben der Gegenwart im Gebiete der Eisenhüttenkunde. Braunschweig 1888.

Wedding, H., Die heutigen Methoden der Eisengewinnung und die Benennung der daraus hervorgehenden Eisengattungen. 1888.

Bauermann, H., A treatise on the metallurgy of iron, 6th ed. 1889.

Schrödter, E., Die gemeinfafsliche Darstellung des Eisenhüttenwesens. 1890.

Schlink und Beckert, Die gemeinfafsliche Darstellung des Eisenhüttenwesens. Herausgegeben vom Verein deutscher Eisenhüttenleute. 2. Auflage. Düsseldorf 1890.

Wedding, H., Ausführliches Handbuch der Eisenhüttenkunde. Zweite vollständig umgearbeitete Auflage I (1891 bis 1896), II (1897 bis 1900).

Kerl, Bruno, Eisen und Stahl (Bd. III des Handbuchs der metallurgischen Hüttenkunde), neue Auflage. 1891.

Joynson, Iron and steel maker. London 1892.

Dürre, E. F., Die Anlage und der Betrieb der Eisenhütten. I 1890 bis 1893, II 1894.

Kreufser, H. Das Eisen, sein Vorkommen und seine Gewinnung. Weimar 1894.

Ledebur, A., Handbuch der Eisenhüttenkunde, 2. Aufl. 1894. 3. Aufl. 1899.

Helson, C., La sidérurgie en France et à l'étranger. Paris 1894.

Zopetti, V., Manuele di siderurgia. Fabbricazione della ghisa, dell' ferro, dell' acciajo. Milano 1894.

Zopetti, V., Disegni di forni, macchine et apparecchi per la siderurgia. Milano 1894.

Kreufser, H., Graphische Darstellung der Entstehung und Benennung der Eisenarten und Eisenprodukte. Winterthur 1891.

Ledebur, A., Lehrbuch der mechanisch-metallurgischen Technologie, 2. Auflage. Braunschweig.

Gages, Léon, Traité de métallurgie du fer, T. I. Paris 1898.

Wedding, H., Grundrifs der Eisenhüttenkunde, 4. Aufl. Berlin 1901.

Hochöfen, Gebläsemaschinen etc.

Bell, J. Lowthian, Über die Entwickelung und Verwendung der Wärme in Eisenhochöfen verschiedener Dimensionen. Deutsch von P. von Tunner. Leipzig 1870.

Schinz, C., Studien über den Hochofen zur Darstellung von Roheisen. Berlin 1871.

Åkerman, R., Studien über die Wärmeverhältnisse des Eisenhochofenprozesses, mit besonderer Berücksichtigung des Einflusses des erhitzten Windes. Deutsch von P. von Tunner. Leipzig 1872.

Gruner, M. L., Études sur les hauts-fourneaux. Paris 1873.

Kuppelwieser, Fr., und Schöffel, Beiträge zum Studium des Hochofenprozesses durch direkte Bestimmungen. Wien 1873.

Gruner, M. L., Analytische Studien über den Hochofen. Nach dem Französischen bearbeitet von J. H. Steffen. Wiesbaden 1875.

Stöckmann, C., Die Gase des Hochofens und der Siemens-Generatoren. Ruhrort 1876.

Hauer, Jul. von, Die Hüttenwesenmaschinen, 2. Auflage. Wien 1876.

Tholander, H., Experimentelle Untersuchungen über die Reduktion von Eisenerzen und die Wirkung der Röstung auf Magneteisensteine und Hämatite. Deutsch von J. von Ehrenwerth. Wien 1878.

Hamélius, Combustion et purification du gaz des hauts-fourneaux. Paris 1878.

Åkerman, R., Om jernmalmers rostning. Stockholm 1879.

Åkerman, R., Das Rösten der Eisenerze. Aus dem Schwedischen von B. Turley. Leipzig 1880.

Digitized by Google

Wachler, R., Vergleichende Qualitätsuntersuchungen rheinisch-westfälischen und ausländischen Giefserei-Roheisens. Berlin 1879.
Ledebur, A., Das Roheisen mit besonderer Berücksichtigung seiner Verwendung für die Eisengiefserei, 2. Aufl. 1879. 3. Aufl. 1891.
Gruner, M. L., Formes et dimensions de hauts-fourneaux. Paris 1879.
Schink, J., Über Gebläsemaschinen. Berlin 1880.
Roth, L., Der Bauxit und seine Verwendung zur Herstellung von Cement aus Hochofenschlacken. Wetzlar 1882.
Bell, J. Lowthian, Principles of the Manufacture of Iron and Steel etc. London 1884.
Vathaire, A. de, Construction et conducte des hauts-fourneaux et fabrication des diverses fontes. Paris 1885.
Haton de la Goupillière, Grundrifs der Aufbereitungskunde. Deutsch von V. Rauscher. Leipzig 1886.
Wedding, H., Die Berechnungen für Entwurf und Betrieb von Eisenhochöfen. Braunschweig 1887. Zweiter Ergänzungsband des Handbuchs der Eisenhüttenkunde.
Linkenbach, C., Die Aufbereitung der Erze. Berlin 1890.
Bell, Sir Lowthian, Das Schmelzen der Eisenerze vom chemischen Standpunkt aus betrachtet. Deutsch von Dr. A. Busch. 1891.
Gaylay, J., Le développement des hauts-fourneaux américains au point de vue spécial des fortes productions. Liège 1891.
Jehring, A. von, Die Gebläse. Berlin 1893.
Bilharz, O., Die mechanische Aufbereitung von Erzen und mineral. Kohlen. Leipzig 1896.
West, Thomas D., Metallurgy of cast-iron. A complete exposition of the processes involved in its treatment, chemically and physically, from the blast furnace to the testing machine. Cleveland, Ohio 1897.
Dutreux, Aug., Utilisation directe du gaz des hauts-fourneaux dans les moteurs à l'explosion. Paris 1898.
Kirschner, Ludwig, Grundrifs der Erzaufbereitung. 1898.

Eisengiefserei. Schmiedbarer Gufs.

Schott, E., Die Kunstgiefserei in Eisen. Berlin 1873.
Kirk, E., Founding of Metals, 3th edition. New York 1878.
Mailfert, Traité du moulage en fer. Paris 1878.
Gillot et Lockert, Manuel du fondeur. Paris 1878.
Goffeye, W., Die Schablonen-Sandformerei, 3. Auflage. 1878.
Wachler, Vergleichende Qualitätsuntersuchungen rheinisch-westfälischen und ausländischen Giefsereiroheisens. 1879.
Gillot, A., Nouveau manuel complet du fondeur de fer et de cuivre, 2me éd. Paris.
Spretzen, A., Practical treatise on casting and founding, 2d ed. 1880.
West, T. D., Moulder's textbook on foundry practice, being part 2d of American foundry practice.
Rott, C., Die Fabrikation des schmiedbaren und Tempergusses. Leipzig 1881.
Mullin, Jos. P., Modern Moulding and Pattern Making. New York 1885.
Nowotny, A., Die Schablonenformerei in Lehm und Sand. Wien 1886.
Deny, E., Études sur la fonderie etc. Paris 1886.
Gouvy fils, M. A., Étude sur les cubilots pour la fusion de la fonte. Paris 1887.
Garuffa, E., La fonderia dell' acciajo, guida pratica per la producione dell' acciajo senza soffiature ad uso delle officine siderurgiche e mechaniche e scuola d'applicazione. Milano 1886.

Digitized by Google

Messerschmidt, A., Die Kalkulation in der Eisengiefserei und bei Formmaschinenbetrieb, 2. Aufl. Essen 1886.

Schütz, J. von, Grusons Hartgufspanzer, 2 Aufl. 1887.

West, T. D., American foundry practice, treating of loam, dry sand and green sand, moulding and casting. A practical treatise upon the management of cupolas and the melting of iron, 6th ed. New York 1887.

Wylie, C., A treatise on iron and steel founding, 2d ed. London 1888.

Practical iron founding, by the author of „Pattern Making". London 1889.

Jüngst, C., Schmelzversuche mit Ferrosilicium. Berlin 1890.

Schütz, J. von, Der Hartgufs und seine Bedeutung für die Eisenindustrie, 2. Auflage. 1890.

Guettier, A., La fonderie en France. 5 Bde. mit Atlas. Paris 1890.

Dürre, E. F., Handbuch des Eisengiefsereibetriebes, 3. Aufl., I. Leipzig 1890/92.

Ledebur, A., Das Roheisen mit besonderer Berücksichtigung seiner Verwendung für die Eisengiefserei, 3. Auflage. 1891.

Kirchner, W., Die Kupolöfen und das Giefsereieisen. Berlin 1891.

Ledebur, A., Handbuch der Eisen- und Stahlgiefserei, 2. Aufl. Weimar 1892.

Uhlenhut, E., Vollständige Anleitung zum Formen und Giefsen, 3. Aufl. 1892.

Bolland, S., The iron founder. A comprehensive treatise of the art of moulding. New York 1892.

Deny, E., Études de fonderie. Recherches expérimentales sur la résistance et les propriétés diverses de la fonte mécanique des fontes tenaces, douces et trempées. Paris 1892.

Fischer, Musterbuch für den dekorierten Eisengufs. Weimar.

Senftleben, Paul, Die Sandformerei, Handbuch für Former. Dortmund 1893.

Billy, E. de, Fabrication de la fonte. Paris 1894.

Le Verrier, U., Cours de métallurgie professé à l'école des mines de St. Etienne, 3. part., Métallurgie de la fonte. Paris 1894.

Wüst, Dr. F., Handbuch der Metallgiefserei. Weimar 1897.

West, Thomas D., Metallurgy of cast iron. Cleveland 1897.

Ledebur, A., Der Giefsereibetrieb am Ende des 19. Jahrhunderts. Berlin 1899.

Kirchner, W., Fortschritte in der Eisengiefsereipraxis. Berlin 1899.

Schweifseisen-Walzwerke.

Daelen, Hollenberg und Diekmann, Die Kalibrierung der Eisenwalzen. Drei von dem Verein zur Beförderung des Gewerbefleifses in Preufsen preisgekrönte Abhandlungen. Berlin 1870.

Petzhold, A., Fabrikation, Prüfung und Übernahme von Eisenbahnmaterial. 1872.

Bodmer, J. J., Mitteilungen über das mechanische Puddeln von Danks. Wien 1872.

Petzhold, A., Die Erzeugung von Eisen- und Stahlschienen. 1873.

Kollmann, J., Der Puddelofen und der Puddelprozefs. 1874.

Wedding, H., Die Darstellung des schmiedbaren Eisens. Braunschweig 1875.

Choteau, E., Laminage du fer et de l'acier. Traité raisonné des cannelures de cylindres des laminoirs. 1875.

Ehrenwerth, Jos. von, Darstellung von Eisen und Stahl direkt aus den Erzen. 1875.

Dürre, E. F., Der Drehofen von Pernot als Puddelofen für Stabeisen und Stahl sowie als Gufsstahlschmelzofen. Berlin 1875.

Ledebur, A., Die Verarbeitung der Metalle auf mechanischem Wege. Braunschweig 1877.

Egleston, T., The american bloomary process for making iron direct from the ore. New York 1880.

Digitized by Google

Heinzerling und Inze, Deutsche Normalprofile für Walzeisen. Berlin 1880.
Neveu, F., et L. Henry, Traité pratique du laminage de fer. Paris 1881.
Deny, Éd., Fabrication des cylindres de laminoirs. Paris 1885.
Fehland, H., Die Fabrikation des Eisen- und Stahldrahtes, sowie der Drahtstifte. Weimar 1886.
Ehrenwerth, Jos. von, Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Herdfrischerei. Düsseldorf 1886.
Wedding, H., Der Pietzkasche Drehpuddelofen. Berlin 1888.
Ledebur, A., Eisen und Stahl und ihre Verwendung für gewerbliche Zwecke. Berlin 1890.
Ehrenwerth, Jos. von, Ist die direkte Darstellung von schmiedbarem Eisen aller Art, bezw. die Darstellung von Roheisen mit Gas möglich? Freiberg 1890.
Smith, J. Bucknall, A treatise upon wire, its manufacture and uses. New York 1891.

Flufseisen. Stahl.

Smith, Lenox, The manufacture of steel. New York 1872.
Overman, T., The manufacture of steel by Fesquit. Philadelphia 1873.
Siemens, William C., Über Gewinnung von Eisen und Stahl durch direktes Verfahren 1874.
Boussingault, Études sur la transformation du fer en acier par la cementation etc. 1875.
Maidland, E., Die Behandlung des Geschützstahls. 1877.
Kerpely, A. von, Unterscheidungsmerkmale des Stahls. Leipzig 1878.
Reschitza et Anina, Notes sur le classement d'élaboration et la qualité des aciers Bessemer, Martin et Pernot. Vienne 1878.
Thurston, Report on cold rolled iron and steel. Pittsburgh 1878.
Franck, G. A., Über die Fabrikeinrichtung der Gufsstahlfabrikation nach Bessemers Methode. Berlin 1879.
Ehrenwerth, Jos. von, Abhandlungen über den Thomas-Gilchrist-Prozefs des Verbessemerns phosphorhaltiger Roheisensorten. 1879.
Jeans, Steel, its history, manufacture, properties and uses. London.
Lecauchez, Note sur la déphosphorisation de la fonte du fer et de l'acier. 1880.
Deshayes, Classement et emploi des aciers. Paris 1880.
Zabé, Traité théorique et pratique du travail du fer et de l'acier. Paris 1880.
Kuppelwieser, Franz, Studien über den Entphosphorungsprozefs von Thomas-Gilchrist. Wien 1880.
Ehrenwerth, Jos. von, Über Ingotmetall und über Flufsstahlerzeugung unter Verwendung von Erz-Blooms. Wien 1880.
Massenez, Mitteilungen über den Entphosphorungsprozefs.
Reiser, Fr., Das Härten des Stahls in Theorie und Praxis. Leipzig 1881. 2. Aufl. 1896. 3. Aufl. 1901.
Ehrenwerth, Jos. von, Studien über den Thomas-Gilchrist-Prozefs. Wien 1881.
Grubenmann, A., Ein Beitrag zur Kenntnis des Bessemerprozesses. Frauenfeld 1882.
Greenwood, Steel and iron, with 97 diagramms from original working drawings. London 1884.
Jungk, M., Der Stahlprozefs im Siemens-Martinofen. Gleiwitz 1884.
Perissé, De l'emploi de l'acier dans les constructions navales, civiles et mécaniques. 1884.
Wedding, H., Der basische Bessemer- oder Thomasprozefs. Braunschweig 1884.
Fleischer, Die Entphosphorung des Eisens durch den Thomasprozefs und ihre Bedeutung für die Landwirtschaft. Berlin 1885.

Digitized by Google

Egleston, T., Basic open hearth steel process. New York 1885.
Ehrenwerth, Jos. von, Zur Frage der Kleinbessemerei. Wien 1885.
Bresson, M. G., Les aciers, leur propriétés, leur fabrication, leur emplois. Wien 1886.
Malengreau, J., L'acier dans la fabrication des canons. Bruxelles 1886.
Garuffa, Eg., La fonderia dell' acciajo. Milano 1886.
Deshayes, V., Aciers et fers fondus obtenus sur sole neutre procédé Vallon-Ramaurey. Paris 1887.
Knab, L., Fabrication et emplois industriels de l'acier. Paris 1888.
Howe, Henry Marion, The Metallurgy of Steel, 2[d] ed. New York 1890.
Campredon, L., L'acier historique, fabrication, emploi. Paris 1890.
Helson, Cyriaque, Études sur le procédé Martin aux minerais. Examen de procédé L. Imperatori pratiqué aux aciéries Tardy et Benesch à Savona. Paris 1890.
Memoirs and letters of Sidney Gilchrist Thomas, inventor. London 1891.
Ede, G., The management of steel, 6[th] ed. London 1891.
Pourcel, A., et F. Vallon, Note sur le convertisseur Bessemer dit Robert. 1891.
Kintzlé, Fr., Die Verwendung des Flufseisens zu Bauzwecken. 1891.
Tetmeyer, L., Ein Beitrag zur Flufseisenfrage. 1892.
Brefslauer, E., Herstellung von Gufsstahl-Massenformen. Berlin 1892.
Toldt, Friedr., Über Details von Siemens-Martinöfen. 1893.
Thallner, Otto, Werkzeugstahl. Freiberg i. S. 1898.
Schoppmann, R., Eisen und Stahl, ihre Eigenschaften und Behandlung. Leipzig 1899.
Riley, The fluid metal in the open-hearth-furnace (Journal of the Iron and Steel Institute). 1900.

Eisenbahnmaterial. Eisenbahnwesen.

Petzhold, A., Fabrikation, Prüfung und Übernahme von Eisenbahnmaterial. 1872.
Petzhold, A., Die Erzeugung von Eisen- und Stahlschienen. 1873.
Kerpely, A. von, Über Eisenbahnschienen. Leipzig 1878.
Egleston, Th., The chemical and physical properties of steel rails. 1879.
Röll, Dr. von, und Carl Wurm, Encyklopädie des gesamten Eisenbahnwesens in alphabetischer Ordnung. Wien 1880.
Wedding, Dr. H., Die Lebensgeschichte der preufsischen Eisenbahnschiene. 1889.
Sandberg, Christ. P., On steel rails. 1890.
Haarmann, A., Das Eisenbahngeleise. Leipzig, Engelmann, 1891.
Übersichtliche Zusammenstellung der wichtigsten Angaben der deutschen Eisenbahnstatistik.
Haarmann, A., Eisen und Holz im Eisenbahngeleise. Leipzig 1892.
Tetmayer, L., Über das Verhalten der Thomas-Stahlschienen im Betriebe. Zürich.
Haarmann, A., Die Kleinbahnen. 1895.
Der Eisenbahnbau. Leipzig, W. Engelmann, 1898.

Eisenbenennung, -verwendung, -prüfung, -berechnung, -handel etc.

Ziebarth, R., Gewichtstabellen für Walzeisen. Leipzig 1873. (2. Auflage 1884.)
Barba, J., Étude sur l'emploi de l'acier dans les constructions, 2[me] éd. Paris 1875.
Jeep, W., Die Verwendung des Eisens beim Hochbau. Leipzig 1876.

Digitized by Google

Wedding, H., Die Nomenklatur des Eisens (aus Verhandl. des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleifses). 1877.

Heinzerling und Intze, Deutsche Normalprofile für Walzeisen. Berlin 1880.

Deshayes, Classement et emploi des aciers. 1888.

Schuchart, Ad., Die Anforderungen, welche an die Grobbleche des Handels gestellt werden dürfen. Berlin 1884.

Girder, W. J., The Weight of Iron: Being tables of the weight of plates and bars etc. New York 1886.

Malengreau, L'acier dans la fabrication des canons. Bruxelles 1886.

Scharowsky, A., Musterbuch für Eisenkonstruktionen, herausgegeben im Auftrage des Vereins deutscher Eisen- und Stahlindustrieller. Leipzig 1886.

Scharowski und L. Seifert, Tabellen zur Gewichtsberechnung von Walzeisen und Eisenkonstruktionen, 2. Aufl. Hagen 1888. 3. Aufl. 1898.

Vorschriften für die Lieferungen von Eisen und Stahl, aufgestellt vom Verein deutscher Eisenhüttenleute. Düsseldorf, A. Bagel, 1889.

Ledebur, A., Eisen und Stahl in ihrer Verwendung für gewerbliche Zwecke. Berlin 1890.

Krauth, Th., und F. S. Meyer, Das Schlosserbuch. Leipzig, Leemann, 1891.

Kintzlé, Friedr., Die Verwendung von Flufseisen zu Bauzwecken.

Schlosser, H., Anleitung zur statistischen Berechnung von Eisenkonstruktionen im Hochbau. Berlin 1893.

Gensen, L. und J. Miliczek, „Profile“, Sammlung zum Gebrauch bei Querschnittsberechnungen eiserner Tragkonstruktionen. Nürnberg 1894.

Richter und Havemann, Diagramme über die Tragfähigkeit sämtlicher Normalprofile der I- und U-Eisen etc. Essen 1896.

Tetmayer, L., Bericht über den Neubau, die Einrichtungen und Betriebsverhältnisse der Schweizer Materialprüfungsanstalt, 2. Aufl. Zürich 1897.

Weifs, Heinr., Die Werkzeugmaschinen zur Bearbeitung der Metalle. Wien 1897.

Feller und Bogus, Moderne Kunstschmiedearbeiten. — Eiserne Treppen. Ravensberg 1897.

Deutsches Profilbuch für Walzeisen, 8. Auflage. Essen, Bädeker.

Martens, A., Handbuch der Materialienkunde für den Maschinenbau. I. Abt.: Materialprüfungswesen, Probiermaschinen, Mefsinstrumente. 1898. Berlin, Springer.

Scholz, Carl, Tabellen für Gewichtsberechnung von Walzeisen und Eisenkonstruktionen aus Flufseisen. 1898.

Grofsmann, E., Eiserne Thore. 1897.

Feller, Jos., Der Schlosser. Ravensberg 1897.

Stöckel, Carl, und W. Hauser, Hülfstabellen für die Berechnung eiserner Träger. Wien 1898.

Hoyer, E. von, Die Verarbeitung der Metalle und des Holzes. Wiesbaden 1898.

Schultz, Handbuch der deutschen Normalprofile. 1898.

Lauenstein, R., Die Eisenkonstruktionen des einfachen Holzbaues. 1900.

Foerster, Max, Die Eisenkonstruktion der Ingenieurhochbauten.

Haedike, H., Die Technologie des Eisens. Leipzig 1900.

Einzelne Länder, Werke etc.

Tunner, Peter von, Rufslands Montanindustrie, insbesondere dessen Eisenhüttenwesen. Leipzig 1871.

Kerpely, A. von, Das Eisenhüttenwesen in Ungarn, sein Zustand und seine Zukunft. Schemnitz 1872.

Åkerman, R., Über den Standpunkt der Eisenfabrikation in Schweden zu Anfang des Jahres 1873. Stockholm 1873. (Französische Übersetzung 1878.)

Digitized by Google

Jordan, J., Notes sur la fabrication de l'acier Bessemer aux États Unis d'après M. M. Holley, Smith & Co. 1873.

Schauenstein, A., Denkbuch des österreichischen Berg- und Hüttenwesens. 1873.

Bergenholdt, Schmidt von, Übersichtliche Geschichte des Bergbaues und Hüttenwesens im Königreich Böhmen. 1873. (Prag 1880.)

Funk und Wintzer, Die Georgs-Marienhütte. 1873.

Wiley's American Iron Trade Manual etc., ed. by Th. Durlafs, 1874.

Schmidt, Ad., Metallurgical properties of Missouri Iron ore, Jefferson City. 1874.

Bell, Lowthian, Notes of a visit to the coal and iron works of the United States. London 1875.

Hupfeld, W., Die Konkurrenzfähigkeit der österreichischen Eisenindustrie. 1875.

Wedding, H., Das Eisenhüttenwesen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. 1876.

Swank, J. M., The American Iron Trade. 1876.

Pearse, J. P., A concise history of the iron manufacture of the American Colonies up to the Revolution and of Pennsylvania until the present time. 1876.

Faure, T., Fonderies de St. Joseph à Revin. 1876.

Rothwell, Rich., The Mineral Industry, its Statistics, Technology and Trade in the United States and other countries.

Mosler, Die Bergwerks- und Hüttenindustrie der Vereinigten Staaten von Nordamerika. Berlin 1877.

Dürre, E. F., Reisebericht über die neueren Fortschritte Frankreichs in der Eisenindustrie. 1877.

Tunner, Pet. von, Das Eisenhüttenwesen der Vereinigten Staaten von Nordamerika. Wien 1877.

Kuppelwieser, Fr., Das Hüttenwesen mit besonderer Berücksichtigung des Eisenhüttenwesens in den Vereinigten Staaten. Wien 1877.

Kerpely, A. von, Ungarns Eisenstein- und Eisenhüttenerzeugnisse. Wien 1877.

Wedding, H., Die Bessemeranlage auf der Vulkanhütte zu St. Louis am Mississippi. Berlin 1877.

Die Eisenerze Österreichs und ihre Verhüttung. Aus Anlafs der Pariser Ausstellung verfafst vom K. K. Ackerbau-Ministerium. Wien 1878.

Åkerman, Sur l'état actuel de l'industrie du fer en Suède. 1878.

Habets, A., Industrie minérale Belge. Liège 1878.

Gazeau, Note sur les hauts-fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson. Paris 1878.

Arndt, Dr. A., Die industrielle Enquete und die Wiedereinführung der Eisenzölle in Deutschland. Essen 1878.

Fontaine, H., L'industrie dans les États-Unis. 1878.

Siemens, Will. C., Die Eisen- und Stahlindustrie in England. Der Bathometer. Berlin 1878.

Höfer, Hanns, Die Kohlen- und Eisenerzlagerstätten Nordamerikas. Wien 1878.

Hafslacher, A., Das Industriegebiet an der Saar und seine hauptsächlichen Industriezweige. Saarbrücken 1879.

Bourron, Les mines de Sommorostro. Liège 1879.

Parville, Les mines de Creusot à l'exposition universelle de Paris. 1879.

Barby, Marteau-pilon de quatre-vingt tonnes des mines de St. Chammond. Nancy 1880.

Grevel, W., Geschichte der Gründung der ersten Entwickelung der Gutehoffnungshütte in Sterckrade. — Die Anfänge der Gufsstahlfabrikation im Stifte Essen. 1881.

Delafond, Note sur la fabrication de l'acier au moyen de fontes phosphoreuses aux usines de Creusot. Paris 1882.

Digitized by Google

Meade, R., The coal and iron industries of the United Kingdom. London 1882.
Sering, Max, Geschichte der preufsisch-deutschen Eisenzölle von 1818 bis zur Gegenwart. Leipzig 1882.
Ehrenwerth, Jos. von, Das Eisenhüttenwesen in Schweden. 1885.
Die Ilseder Hütte, ihre Entstehung und weitere Entwickelung von 1858 bis auf die neueste Zeit. 1885.
Freson, J. G., L'industrie sidérurgique aux États-Unis d'Amérique. — De la fabrication de la verge de fer et d'acier aux États-Unis. Liège 1885.
Lauter, W. H., und H. Ritter, Die Burbacher Hütte-Façoneisen und deren zahlreiche Verwendung. 1885.
Lürmann, Fr. W., Die Herstellung des Roheisens in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Düsseldorf 1885.
Directory of the Iron and Steel Works of the United States of N. A. 1886.
Boubet, L., Notice historique sur les forges et fourneaux au centre de la Guerche. Nevers 1886.
Wolters, J., Sur les conditions techniques et économiques actuelles de la fabrication des poutrelles ou fers I en Belgique, la minerai et le charbon étant pris comme points de départ. Liège 1886.
Heinzerling, F., und O. Intze, Deutsches Normalprofilbuch für Walzeisen, 3. Aufl. Aachen 1886. 5. Aufl. 1897.
Ehrenwerth, Jos. von, Steyermarks Eisenindustrie. Graz 1890.
Kneebusch, Dr., Industrie und Verkehr in Westfalen. Dortmund 1890.
Wedding, Dr. H., Mitteilungen über das Eisenhüttenwesen in den Südstaaten der Vereinigten Staaten von Nordamerika. 1890.
Peter, Max, Adrefsbuch der deutschen Maschinenindustrie, Eisen-, Stahl- und Montanwerke, für 1890. Dresden.
Gayley, James, Le développement des hauts-fourneaux américains, trad. d. Albert Dekan, Liège 1891.
Reichsadrefsbuch deutscher Industrie- und Handelsfirmen, Bd. I: Montan- und Metallindustrie, Maschinen, Apparate, bearbeitet von Dr. H. Rentzsch. Leipzig, O. Spamer.
Hutton, William R., The Washington Bridge. New York 1891.
Berger, L., Der alte Harkort. Leipzig 1891.
Riemann, W., Der Bergbau- und Hüttenbetrieb der Lahn-, Dill- und benachbarten Reviere. Wetzlar, 2. Aufl. 1894.
Bayard, Paul, La Métallurgie du fer dans le Sud de la Russie (aus Rev. industr. des Mines).
Gouvy, Alexandre. Étude sur la Sidérologie de la Haute Silésie. St.-Étienne 1894.
Swank, J. M., Statistics of the American and Foreign Iron trades. Österreich. Montan-Handbuch. Wien 1895.
Adrefsbuch deutscher Maschinenindustrie, Eisen-, Stahl- und Metallwerke, 2. Aufl. Dresden 1896.
Palzen, Charles, La Métallurgie du fer et de l'acier en Russie. Louvain 1896.
Gouvy, A., Les Progrès de la fabrication de la Fonte en Allemagne depuis 1882 à 1896.
Schulze. Industriekarte des Oberschlesischen Berg- und Hüttenvereins. 1896.
Seidel, R., Die königl. Eisengiefserei zu Gleiwitz. Berlin 1896.
Wedding, Dr. H., Die Eisenerze an der Nordküste von Spanien in den Provinzen Viscaya und Santander. Berlin 1897.
Lemberg, Heinr., Die Eisen- und Stahlwerke, Maschinenfabriken und Giefsereien des niederrheinisch-westfälischen Industriebezirks. Leipzig 1897.
Hammerschmidt, O., Die rheinisch-westfäl.-thüringischen Bezugsquellen. Hagen.
Sievers, Übersichtskarte der Berg- und Hüttenwerke des Oberbergamtsbezirks Dortmund. 8. Auflage. Essen, Bädeker, 1897.

Digitized by Google

Die deutsche Montanstatistik, Eisen-, Stahl- und Metallwerke, sowie Maschinen- und elektrische Fabriken im Besitze von Aktiengesellschaften. Leipzig 1898.

Paul Raschdorffs Handkarte des oberschlesischen und österreichisch-schlesischen und russisch-polnischen Berg- und Hüttenreviers. Kolberg.

Schroedter, E., Die Deckung des Erzbedarfs der deutschen Hochöfen in Gegen wart und Zukunft. 1896.

Association des Maitres de Forge de Charleroi. Rapport général sur la situation de l'Industrie Minérale en 1895.

Mehrtens, G., Der deutsche Brückenbau im 19. Jahrhundert. 1900.

Mehrtens, L., Eiserne Dächer und Hallen in England. 1900.

Jahresberichte. Kalender.

Kerpely, A. von, Bericht über die Fortschritte der Eisenhüttentechnik. (Fortgesetzt von Th. Beckert.)

Berg- und Hüttenkalender. Essen.

P. Stühlens Ingenieurkalender für Maschinen- und Hüttenkunde. Essen, Bädeker.

Fehlands Ingenieurkalender, herausgeg. von Beckert, Berlin, Springer.

Uhlands Kalender für Maschinen-Ingenieure.

Weisbachs Ingenieur. Neu aufgelegt von Dr. F. Reuleaux. 1897.

Des Ingenieurs Taschenbuch. Herausgeg. von dem Verein „Hütte".

Heufsinger-Waldegg, von, Kalender für den Eisenbahntechniker.

Deutscher Schlosser- und Schmiedekalender.

Glück auf! Kalender von Franz Kieslinger.

Statistisches Jahrbuch für das Deutsche Reich.

The Ironmonger, Diary and Text-Book (seit 1868).

Österreich-ungarischer Berg- und Hüttenkalender.

Annuaire 1895/96 éd. d. Comité des Forges de France (Frischhütten).

Weidtmann, Dr. jur., Jahrbuch für den Oberbergamtsbezirk Dortmund. Essen 1897.

Statistisches Jahrbuch des K. K. österreich. Ackerbau-Ministeriums.

Annual Statistical Report of the Secretary of the American Iron and Steel Association.

Repertorium der technischen Litteratur. Herausgegeben vom Kaiserl. deutschen Patentamt. Berlin, Heymann.

Rothwell, Rich. P., The mineral Industry in the United States and other countries. New York and London. (Jahrbuch.)

Birkinbine, John, The Production of Iron Ores in various Parts of the World. Washington. (Jahrbuch.)

Berg- und hüttenmännisches Jahrbuch der. K. K. Montan-Lehranstalten zu Leoben und Přibram.

Jahresbericht des Vereins für die bergbaulichen Interessen im Oberbergamtsbezirk Dortmund.

Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen. Freiberg.

Notes et Formules de l'Ingénieur, du Métallurgiste etc. Paris, E. Bernard & Co. (seit 1887).

Über die fachmännischen Abhandlungen in technischen Zeitschriften finden sich Auszüge und Verzeichnisse in:

A. Ledebur, Handbuch der Eisenhüttenkunde unter „Litteratur" bei den verschiedenen Abschnitten;

der Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preufsischen Staate unter der Überschrift „Litteratur";

der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure unter „Zeitschriftenschau".

Digitized by Google

Zeitschriften.

Annales des mines. Paris.
Berg- und Hüttenmännische Zeitung. Freiberg.
Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preufsischen Staate.
Österreichische Zeitschrift für das Berg- und Hüttenwesen.
Zeitschrift für Gewerbe, Handel und Volkswirtschaft, mit besonderer Berücksichtigung des Berg- und Hüttenwesens (herausgegeben vom Oberschlesischen Verein).
Zeitschrift des Vereins deutscher Eisenhüttenleute. Düsseldorf (1881 bis 1883 I. bis III. Jahrgang).
Stahl und Eisen. Zeitschrift für das deutsche Eisenhüttenwesen. Düsseldorf (seit 1881).
Der Berggeist. Zeitung für Berg-Hüttenwesen und Industrie. Köln.
Zeitschrift des Oberschlesischen Berg- und Hüttenmännischen Vereins. Breslau und Beuthen.
Zeitschrift des Berg- und Hüttenmännischen Vereins für Steiermark und Kärnten (von Höfer und Fuchs). Klagenfurt, seit 1869.
Mitteilungen des Vereins für die berg- und hüttenmännischen Interessen des Aachener Bezirks.
Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure.
Der Civilingenieur.
Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleifses.
Revue universelle des mines, de la métallurgie, des travaux publics etc. (de Cuyper et Habet). Paris et Liège, seit 1867.
Bulletin de la Société de l'industrie minérale. St.-Étienne.
The Mining Journal. London.
The Journal of the Iron and Steel Institute. London, seit 1876.
Comptes rendus mensuels des réunions de la société de l'industrie minérale. Paris, seit 1878.
Iron, the illustrated weekly Journal of Science, Metals and Manufactures in Iron and Steel. London.
Engineering. London.
Practical Mechanics Magazine.
The Engineering and Mining Journal. New York.
Transactions of the American Institute of Mining Engineers. Seit 1871.
Journal of the Franklin Institute.
Die Eisenzeitung von Wilh. Kirchner. Seit 1880 in Berlin.
The Metallographist, von Alb. Sauveur. Boston.

Einen wichtigen Zweig der technischen Litteratur bilden endlich auch die Patentverschreibungen, deren Zahl mit den Patenten in dieser Periode eine aufserordentliche Steigerung erfuhr. Hierzu trugen die Fortschritte der Patentgesetzgebung bei.

England, die Heimat des Patentwesens, hatte 1852 ein neues Patentgesetz erlassen, welches am 1. Oktober in Kraft trat. Während die Gesamtzahl der Patente von 1617 bis 1852 nur 14 359 betragen hatte, wurden in den folgenden 16 Jahren, 1853 bis 1869, 55 886 neue Patente erteilt. Seitdem ist die Zahl der Anmeldungen und Patentverteilungen von Jahr zu Jahr gewachsen. 1893 wurden rund 17 000 Patente bewilligt.

Digitized by Google

Noch stärker war die Zunahme der Patente in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Dort war an Stelle des Gesetzes vom 4. Juli 1836 am 4. März 1861 ein neues Patentgesetz getreten. Die Zahl der erteilten Patente betrug: 1855 2024, 1860 4819, 1865 6616, 1867 13015, 1889 22080. In der Zeit von 1877 bis 1896 wurden auf Grund von 655806 Anmeldungen 390700 Patente erteilt.

Die Zahl der jährlichen Anmeldungen ist von 765 im Jahre 1840 auf 40753 im Jahre 1892 gestiegen. Die Zahl der öffentlichen Patente betrug Ende 1850 12421, Ende 1892 491507.

In Frankreich war am 5. Juli 1844 ein neues Patentgesetz in Wirksamkeit getreten. Die Zahl der Patente betrug: 1852 2855, 1854 4088, 1856 4400, 1859 5439.

In Österreich trat am 15. August 1852 ein verbessertes Patentgesetz in Kraft. Dasselbe beruht, wie das französische, auf dem Anmeldesystem, während in Deutschland, England und den Vereinigten Staaten die Vorprüfung besteht. Die Zahl der 1864 bis 1870 erteilten Patente betrug im jährlichen Durchschnitt 676, im ganzen 4734.

Ein neues Patentgesetz ist mit dem 1. Januar 1899 in Kraft getreten.

In Deutschland war die Patentgesetzgebung in den einzelnen Bundesstaaten durchaus verschieden. In Preufsen war die Patentordnung vom 14. Oktober 1815 sehr ungünstig für den Erfinder, so dafs sie mehr die Beschränkung als die Förderung von Erfindungen bewirkte. Dies wurde vollständig geändert durch das Patentgesetz des Deutschen Reiches vom 25. Mai 1877 und die Novelle vom 7. April 1891. Hierdurch wurde den Erfindern derselbe Schutz und dieselben Vorteile gewährt wie in den übrigen Industrieländern. Die Folge war, dafs die Zahl der Erfindungen und der Erfindungspatente eine aufserordentliche Zunahme erfuhr zum Nutzen der deutschen Industrie und zum Vorteil des Deutschen Reiches.

Die Zahl der erteilten Patente betrug:

1877 . . .	190	1884 . . .	4459	1891 . . .	5550
1878 . . .	4200	1885 . . .	4018	1892 . . .	5900
1879 . . .	4410	1886 . . .	4008	1893 . . .	6430
1880 . . .	3966	1887 . . .	3882	1894 . . .	6280
1881 . . .	4339	1888 . . .	3923	1895 . . .	5720
1882 . . .	4131	1889 . . .	4406	1896 . . .	5410
1883 . . .	4848	1890 . . .	4680	1897 . . .	5440

Digitized by Google

Die Zahl der Anmeldungen von 1877 bis 1893 betrug 157 186, der erteilten Patente 73 340. Im September 1898 wurde das 100000. Patent auf Grund von rund 220 000 Anmeldungen erteilt.

In den Vereinigten Staaten hatte Ende 1899 die Menge der Patente die Zahl 600 000 überschritten.

Da zu jedem Patent eine Patentverschreibung gedruckt und veröffentlicht wird, so läfst sich aus den vorstehenden Zahlen ermessen, welchen Umfang diese Litteratur erlangt hat.

Chemie.

Die Chemie hat zu den grofsen Fortschritten der Eisenindustrie seit 1870 in hervorragender Weise beigetragen. Sie durchdringt und beherrscht jetzt alle metallurgischen Betriebe in einer Weise, wie man es früher nicht gekannt hat. Ihr Einflufs hat sich besonders nach zwei Richtungen hin geltend gemacht, erstens in der theoretischen Begründung der Eisenhüttenkunde, zweitens in der praktischen Kontrolle des Eisenhüttenbetriebes.

Zu der theoretischen Begründung gehören die genaueren Kenntnisse der Konstruktion der Eisenarten, des Verhaltens und des Einflusses der wichtigsten Gemengteile, besonders des Kohlenstoffs, Siliciums, Phosphors, Schwefels und Mangans, der Gase, welche in Eisen und Stahl gelöst sind, der metallurgischen Vorgänge, insbesondere bei dem neu erfundenen Thomasprozefs, der Wärmechemie u. s. w.

Die praktische Kontrolle des Betriebes durch die Chemie ist eine viel weitergehende geworden wie früher. In den fünfziger Jahren sah man das Hüttenlaboratorium, das man nur auf Hochofenwerken antraf, noch als eine Art von Luxus an, den sich nur die gröfseren Hütten gestatten konnten. Auch in den sechziger Jahren blieben die Hüttenlaboratorien meist auf die Hochofenwerke beschränkt, wo ihre Aufgabe darin bestand, die Qualität der Erze, Zuschläge und Brennmaterialien und die richtige Beschickung der Hochöfen zu kontrollieren. Roheisenanalysen wurden nur ausnahmsweise vorgenommen, und man beschränkte sich in der Regel auf die qualitative Ermittelung eines der als schädlich angesehenen Stoffe. Mit der wachsenden Bedeutung der Flufseisenfabrikation wuchs aber auch die Bedeutung der Analyse des Roheisens als deren Rohstoff, von dessen Zusammensetzung das Gelingen des Prozesses und die Qualität des Endproduktes abhängig war. Allmählich wurde die Roheisenanalyse der Angelpunkt der Betriebskontrolle. Nach ihr wurde der Hochofen-

Digitized by Google

betrieb abgeändert, nach ihr mufste die Flufseisenfabrikation eingerichtet werden. Auch für den Roheisenhandel wurde die chemische Analyse unentbehrlich. Für das Fabrikat selbst blieb zunächst die mechanische Prüfung nach dem Zweck der Verwendung mafsgebend, da diese aber in erster Linie von der chemischen Zusammensetzung abhängig war, so bildete auch für diese die Analyse die unentbehrliche Kontrolle.

Wenden wir uns zu den Fortschritten der Metallurgie des Eisens[1]), welche wir der Chemie in den letzten 25 Jahren verdanken, so müssen wir vor allem die Nebenbestandteile des Eisens einzeln betrachten.

Von diesen ist der Kohlenstoff bei weitem der wichtigste, denn er bedingt am meisten die Eigenschaften der verschiedenen Eisenarten. Sämtliche zur Verwendung kommenden Eisenarten sind Eisen-Kohlenstoffverbindungen (Legierungen oder Lösungen), und es ist der Kohlenstoff nicht als ein fremder Bestandteil derselben anzusehen. Das Eisen vermag Kohlenstoff nur in beschränkter Menge aufzulösen. Bestimmte einfache Eisen-Kohlenstoffverbindungen sind bis jetzt nicht mit entschiedener Sicherheit nachgewiesen, wenn auch ihre Existenz wahrscheinlich ist. Das von Karsten angenommene Viertelkarburet Fe_4C, welches das Spiegeleisen bilden soll, besteht für sich nicht, indem das reine Eisen nicht so viel Kohlenstoff aufzunehmen vermag, als dieser Verbindung entsprechen würde. Es müfsten dies 5,08 Prozent sein. Percy hatte durch die sorgfältigen Versuche seiner Assistenten Dick und Hochstätter im Jahre 1862 bereits gezeigt, dafs reines Eisen so viel Kohlenstoff nicht aufzulösen vermag; Dick fand 4,56 Prozent, Hochstätter 4,63 Prozent als Maximum. Mannesmann erhielt im Jahre 1879 durch rasches Glühen von reinstem Schmiedeeisen in Holzkohle bei starker Weifsglut eine Rinde von weifsem Roheisen mit 4,76 Prozent Kohlenstoff. Saniter erhielt beim Schmelzen von reinem Eisendraht mit Lampenrufs und gebranntem Kalk in einem Tiegel einen Metallkönig mit 4,81 Prozent Kohlenstoff[2]).

Bei sehr hoher Temperatur nimmt die Lösungsfähigkeit allerdings zu. Nach Moissan löst Eisen bei 3500° C. 40 Prozent Kohlenstoff.

Ganz anders verhält sich diese Lösungsfähigkeit bei gleichzeitiger Anwesenheit anderer Substanzen. Die Gegenwart gewisser Metalloide,

---

[1]) Ausführliche Mitteilungen hierüber findet man in Dr. H. Weddings Handbuch der Eisenhüttenkunde, 2. Aufl., Bd. I, 1891.

[2]) Journal of the Iron and Steel Institute 1886, II, p. 770; Stahl und Eisen 1897, S. 957.

Digitized by Google

besonders des Siliciums oder Schwefels, vermindert dieselbe, während die Anwesenheit verschiedener Metalle, insbesondere des Mangans und des Chroms, dieselbe erhöht. Die gröfsere Lösungsfähigkeit des Kohlenstoffs bei Gegenwart von Mangan kommt bei dem Spiegeleisen zur Geltung, welches bei einem Gehalt von 10 bis 20 Prozent Mangan oft 5 Prozent und mehr Kohlenstoff enthält. Ferromangan mit 35 Prozent Mangan kann 5,5 Prozent, mit 50 Prozent Mangan 6 Prozent, mit 80 Prozent Mangan 7 Prozent, mit 90 Prozent 7,5 Prozent Kohle enthalten. Noch stärker steigert Chrom die Lösungsfähigkeit des Kohlenstoffs im Eisen. Brustlein fand 1886, dafs Chromeisen mit 42 Prozent Chrom 7,3 Prozent Kohlenstoff enthielt[1]). Riley[2]) fand 1888 in Chromeisen bei 18 Prozent Chrom 5,8 Prozent Kohle, bei 47,7 Prozent Chrom 7,2 Prozent Kohle, bei 49,3 Prozent Chrom 7,8 Prozent Kohle. v. Jüptner giebt die Lösungsfähigkeit von Mangan auf 7,75, von Chrom auf 11,60 Prozent Kohlenstoff an[3]).

Zahlreiche Untersuchungen sind in diesem Zeitraume über den Verbindungszustand des Kohlenstoffs im Eisen gemacht worden und haben zu wichtigen Ergebnissen geführt. Schon Karsten hatte neben dem Graphit und dem gelösten Kohlenstoff, der „Härtungskohle", die Existenz eines Kohlenkarburets im Eisen behauptet[4]). Caron und Rinman fanden Karstens Annahme bestätigt und letzterer gab dieser Kohleneisenverbindung, weil er sie im Cementstahl nachgewiesen hatte, den Namen „Cementkohle".

Spätere Forscher wählten statt dessen die bessere Bezeichnung Karbid. Besonders war es Fr. Abel in England, dem es zuerst 1885 gelang, die Zusammensetzung des Eisenkarbids genauer nachzuweisen[5]). Er fand in demselben 6,92 bis 7,12 Prozent Kohlenstoff, so dafs es der Verbindung Fe_3C, welche schon Karsten vermutet hatte, am nächsten kommt. Osmond und Werth in Frankreich, Fr. C. G. Müller[6]) und A. Ledebur in Deutschland kamen zu ähnlichen Ergebnissen und die mikroskopischen Untersuchungen Sorbys und anderer bestätigten die Existenz des Eisenkarbids. Neuerdings haben J. O. Arnold und A. A. Read[7]), sowie H. Behrens und

---

[1]) Journ. of the Iron and Steel Instit. 1886, II, p. 770.

[2]) Ebenda 1888, II, p. 165.

[3]) Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1898, S. 537.

[4]) Siehe Abhandl. der Akademie der Wissenschaften in Berlin vom 5. Novbr. 1846, und früher schon im Archiv für Bergbau und Hüttenwesen 1824, S. 3.

[5]) Siehe Engineering 39, 1885, p. 150 und 200; Stahl und Eisen 1886, S. 374, (Ledebur).

[6]) Stahl und Eisen 1888, S. 291.

[7]) Journ. Chem. Soc. 1894 und 1895.

Digitized by Google

A. R. van Linge[1]) weitere Beweise dafür und für die Zusammensetzung Fe_3C erbracht. Mylius, Foerster und Schöne[2]) wiesen durch genaue chemische Analyse die Zusammensetzung des Eisenkarbids aus 93,33 Tln. Eisen und 6,66 Tln. Kohlenstoff entsprechend der Formel Fe^3C nach. Chemisch zeigt das Karbid ein anderes Verhalten als Graphit und Härtungskohle, besonders gegen Säuren, und läſst sich dadurch von diesen abscheiden.

Die Entstehung des Eisenkarbids ist eine Frage von groſser Bedeutung, da sie in engster Beziehung steht zu den Verbindungszuständen der Kohle im Eisen überhaupt und zu den Eigenschaften des Eisens und Stahls. Die Thermochemie, welche in dieser Periode eine groſse Bedeutung für die Eisenhüttenkunde erlangte, hat hierüber Aufschluſs gegeben, besonders durch die epochemachenden Untersuchungen von Osmond.

Den Stahlschmieden war es längst bekannt, daſs es gewisse Hitzegrade giebt, bei denen Stahl unter dem Hammer brüchiger erscheint als sonst, die man deshalb beim Schmieden vermeiden muſs. Der Schwede Brinell sprach 1884 zuerst die Ansicht aus, daſs die Wärmeentbindung, welche sich beim Abkühlen eines glühenden Eisenstahls an der Grenze der Rotglut durch ein schwaches Aufleuchten und eine Verzögerung der Abkühlung bemerkbar macht, auf bei dem Übergang der Härtungskohle in Karbidkohle freiwerdende Wärme zurückzuführen sei. Dies gab die Anregung zu zahlreichen Untersuchungen, namentlich zu der gründlichen Arbeit von Osmond und Werth, Théorie cellulaire des propriétés de l'acier von 1885 (Ann. des Mines, sér. 8, t. 8, p. 5 bis 84), welcher F. Osmond in den folgenden Jahren noch mehrere Abhandlungen[3]) folgen lieſs. Aus diesen Untersuchungen ergab sich, daſs es beim Erhitzen und beim Abkühlen erhitzten Eisens verschiedene Punkte giebt, bei denen Verzögerungen der Wärmeabgabe oder Aufnahme stattfinden und die Osmond, weil sie wegen der Festigkeitsabnahme bei der Bearbeitung gefährlich sind, „kritische Punkte" nannte. Sie sind wohl auf die Abscheidung oder Umwandlung des Kohlenstoffs in seine verschiedenen Verbindungen im Eisen zurückzuführen. Osmond selbst kam allerdings

[1]) Zeitschr. für analyt. Chem. 1894, S. 513.

[2]) Zeitschr. für organ. Chemie. 1896, S. 38.

[3]) „Transformations du fer et du carbon dans les fers, les aciers et les fontes blanches", Mém. de l'artillerie et de la marine; im Auszug Stahl und Eisen 1888, S. 364; Études métallurgiques Ann. des mines, Juillet, Aout 1888; On the Critical Points of Iron and Steel in Journ. of the Iron and Steel Inst. 1890, Vol. I; ferner Stahl und Eisen 1891, S. 640; Méthode générale pour l'Analyse Micrographique des Aciers au Carbone, Soc. d'Encourag. p. l'Industr. Nat., Paris, Mai 1895 etc.

Digitized by Google

nicht zu diesem Schlufs. Er stellte vielmehr die Theorie auf, es gäbe zwei allotropische Zustände des Eisens, die er mit α- und β-Eisen bezeichnet, welche nicht nur durch die Übergänge des einen in den anderen die kritischen Punkte hervorriefen, sondern aus deren Mischung und Übergang sich überhaupt alle die verschiedenen Eigenschaften der Eisen- und Stahlsorten erklären liefsen. α-Eisen ist bei gewöhnlicher Temperatur stabil, β-Eisen entsteht erst bei Temperaturen über etwa 700° C. Dem Kohlenstoff würde hiernach nur eine nebensächliche Bedeutung zukommen. Diese Theorie, die mit der Erfahrung nicht übereinstimmt, hat in dieser einseitigen Form nur teilweise Anklang gefunden. Wohl aber haben Osmonds Untersuchungen die Anregung zu wichtigen Arbeiten über die kritischen Punkte und die Umwandlung der Kohlenstoff-Eisenverbindungen gegeben, von denen wir die von Pionchon, Forquignon, Ledebur[1]), Fr. C. G. Müller[2]), Howe[3]), H. von Jüptner, Arnold, Sauveur, Roozeboom[4]) hervorheben. Das Ergebnis derselben kann kurz, wie folgt, zusammengefafst werden.

Der Kohlenstoff des Eisens ist im flüssigen Zustande desselben gelöst in der ganzen Masse gleichmäfsig verteilt. Ist das Eisen mit Kohlenstoff ganz oder nahezu gesättigt und ist die Schmelzung bei hoher Temperatur erfolgt, so dafs die Bedingungen zur Bildung von grauem Roheisen gegeben sind, so zeigt sich nach dem Erstarren bei etwa 1070° C. ein erster kritischer Punkt und findet hierbei die Ausscheidung eines Teils des gelösten Kohlenstoffs als Graphit statt. Bei weiterer Abkühlung findet bei etwa 700° C. von neuem eine Wärmeverzögerung oder Wärmeabgabe statt. Dieser kritische Punkt liegt bei kohlenstoffarmem Eisen höher, bei 725° C., bei Stahl von mindestens 0,5 Prozent niedriger, bei 670° C. Es befindet sich hier der zweite und für die Bearbeitung wichtigste „kritische Punkt“, bei dem der Übergang eines Teils des Härtekohlenstoffs in Karbid stattfindet. Dafs dies wirklich der Fall ist, wurde durch chemische Analysen nachgewiesen. Der ersterwähnte kritische Punkt läfst sich nur bei Roheisen beobachten, weil nur dieses Graphit ausscheidet, der zweite Punkt dagegen erscheint bei allen Eisensorten, bei den kohlenstoffreicheren härteren Stahlsorten aber deutlicher als bei kohlenstoffarmem, weichem Eisen.

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1891, S. 294.
[2]) Daselbst 1891, S. 634.
[3]) Siehe Engineering and Mining Journ. 43, 1887, p. 228.
[4]) Zeitschr. für phys. Chemie, 34, 4, S. 438; Stahl und Eisen 1900, S. 1205.

Digitized by Google

Bei verschieden zusammengesetzten Eisensorten weichen auch die Wärmegrade der kritischen Punkte voneinander ab, so dafs die angegebenen Zahlen von 1070° und 700° nur mittlere Werte sind. Ferner haben genaue Beobachtungen bei verschiedenen Eisensorten auch noch andere „kritische Punkte“ ergeben, deren Ursachen in ähnlichen Umlagerungen anderer Bestandteile des Eisens liegen werden, die aber noch nicht genügend aufgeklärt sind. Neuere Forschungen bestätigen immer mehr, dafs die Eisensorten Legierungen von Eisen und Eisenkohlenstoffverbindungen sind, wobei sowohl der Kohlenstoff wie das Eisen bei verschiedenen Temperaturen verschiedenes Verhalten zeigen. Das Nähere hierüber folgt im nächsten Kapitel.

Neben den drei allgemein angenommenen Kohlenstoffformen im Eisen, Graphit, Karbid und Härtekohle, unterscheidet man vielfach, in Deutschland jetzt allgemein, auf A. Ledeburs Veranlassung (1888)[1]) noch einen vierten Zustand, der als „Temperkohle“ bezeichnet wird. Glüht man kohlenstoffreiches, manganarmes, weifses Eisen längere Zeit, so scheidet sich — nach Roystons Versuchen[2]) zwischen 720 und 820° C. — ein Teil des gebundenen Kohlenstoffs als feinverteiltes schwarzes Pulver aus. Da das zurückbleibende Eisen weich wird und dieser Vorgang bei dem Tempern der Gufswaren verwendet wird, so hat Ledebur diese Form der Kohle Temperkohle genannt. Gegen Säuren verhält sich die Temperkohle wie Graphit. Sie löst sich auch in kochenden Säuren nicht, sondern wird als schwarzes Pulver abgeschieden. Von Graphit unterscheidet sie sich aber durch ihre amorphe Form und dadurch, dafs sie mit Eisenoxyd und ähnlichen oxydierenden Verbindungen geglüht zu Kohlenoxyd verbrannt wird. Beim Glühen in trockenem Wasserstoff entweicht sie nach Forquignons Versuchen als Kohlenwasserstoff[3]). Letztgenannter Forscher fand auch, dafs die Ausscheidung von Temperkohle beim Glühen von weifsem Eisen auch im Vakuum stattfand[4]). Andere Metallurgen haben für die Eisen-Kohlenstoffverbindungen andere Einteilung und andere Namen gewählt, auf die wir später zurückkommen. Nach L. D. Campbell tritt das Eisenkarbid in verschiedenen Polymerien von der Form $C^n Fe^{3n}$ auf. Moissan wies Diamanten in kohlenstoffhaltigem Eisen, welches stark über seinen Schmelzpunkt erhitzt war[5]), nach und stellte künstliche Diamanten auf diesem Wege

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1888, November.
[2]) Daselbst 1897, S. 629.
[3]) Siehe Annales de chimie et phys., sér. 5, t. XXIII, p. 433.
[4]) Siehe Comptes rendus, vol. 90, p. 237.
[5]) Daselbst, vol. 118, p. 320.

Digitized by Google

dar. Franck will sogar in gewöhnlichem Stahl Diamanten gefunden haben[1]).

Während der Kohlenstoff ein wesentlicher Bestandteil aller in der Praxis verwendeten Eisenarten ist, sind Silicium, Phosphor und Schwefel unwesentliche Beimengungen, die im Endprodukt in der Regel als Verunreinigungen anzusehen sind. Die Zunahme der Verwandtschaft zum Eisen ist in der Reihe: Silicium, Phosphor Schwefel, Kohlenstoff ausgedrückt. Doch gilt dies nur für Roheisenschmelzhitze und wenig darüber, bei hoher Hitze ändert sich das Verhältnis, indem dann die Verwandtschaft der Kohle abnimmt, so dafs unter Umständen Silicium den Kohlenstoff verdrängt. Auch diese unwesentlichen Beimengungen sind von hoher praktischer Bedeutung.

Über das Verhalten des Siliciums sind in den letzten 25 Jahren wichtige Untersuchungen veröffentlicht worden, besonders von Gautier[2]), W. Mrázek[3]), T. Turner[4]), Jüngst[5]), R. A. Hadfield[6]), F. C. G. Müller und A. Ledebur. Die Association for the advancement of Science in England liefs 1893 durch eine besondere Kommission, bestehend aus Tilder, W. Ch. Roberts-Austin und T. Turner, Bericht erstatten über den Einflufs des Siliciums auf Eisen und Stahl.

Die Ergebnisse dieser Arbeiten lassen sich kurz wie folgt zusammenfassen. Das Silicium zeigt in seinem Verhalten zu dem Eisen eine gewisse Analogie mit dem Kohlenstoff. Es beeinflufst das Eisen wie dieser, nur schwächer. Indessen kann Silicium den Kohlenstoff nicht ersetzen. Auch hat sich die frühere Annahme, dafs Silicium in zwei Modifikationen im Eisen enthalten sei, wovon die eine dem Graphit entspräche und wie dieser und in ähnlicher Form ausgeschieden werde, nicht bestätigt.

Silicium kann sich in unbegrenzten Mengen mit dem Eisen verbinden oder legieren. Hierbei wird nach Troost und Hautefeuille[7]) Wärme entwickelt, was bei der Vereinigung von Eisen und Kohle nicht nachgewiesen ist. Moissan hat hochsiliciumhaltige Eisensilicide im elektrischen Ofen dargestellt. 26prozentige Silicide lassen sich

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1896, S. 585.
[2]) Siehe Gautier, Les alliages ferrométalliques.
[3]) Siehe Jahrbuch der K. K. Bergakademie zu Leoben u. s. w., Bd. XX, S. 406.
[4]) Siehe Engineering and Mining Journ. 1887, I, p. 403.
[5]) Siehe Stahl und Eisen 1887, S. 565.
[6]) Siehe Journal of the Iron and Steel Institute 1889, II, p. 222.
[7]) Siehe Annales de chimie et de physique 1878, t. IX, p. 56.

Digitized by Google

noch im Tiegel schmelzen, solche mit mehr als 32 Prozent nur im elektrischen Ofen. Auf den Holcomb Roch Works (U. S.) wird ein von Chalmot entworfener kontinuierlicher elektrischer Ofen zur Darstellung von Ferrosilicium im grofsen verwendet. Für die Praxis kommen nur die Silicium-Eisenlegierungen bis zu 16 Prozent Silicium in Betracht, die im Hochofen geschmolzen werden. Die Silicium-Eisenlegierungen sind weifs.

Enthält Eisen mehr als 5 Prozent Silicium, so wird es als Ferrosilicium bezeichnet. Die nächstniedrige Stufe wird „Schwarzeisen" benannt, das sogenannte „Glanzeisen" hat nach Gautier in der Regel mehr als 4 Prozent Silicium. Moissan, Carnot und Goutal wollen bestimmte Eisensilicide, besonders eins nach der Formel $SiFe_2$ gefunden haben[1]). Das Silicium hat die Eigenschaft, den Kohlenstoff bei mehr als 2 Proz. Gehalt als Graphit aus dem Eisen auszuscheiden. Es kann den gebundenen Kohlenstoff ganz verdrängen, so dafs siliciumreiches Eisen Kohlenstoff nur noch als Graphit enthält. Da die Verwandtschaft des Eisens zu Silicium bei der hohen Erzeugungstemperatur des Giefsereieisens eine sehr grofse ist, und die Reduktion bei gleichzeitiger Anwesenheit von Kohle und Eisen leicht von statten geht, so giebt es in der Praxis kein Giefsereiroheisen, welches frei von Silicium ist. Der Gehalt desselben beträgt oft 4 bis 5 Prozent, wie z. B. bei englischem von Clarence (4,37 Prozent).

Der Siliciumgehalt des Eisens ist für manche metallurgische Operationen von grofser Wichtigkeit. Im Bessemerroheisen bildet das Silicium den wichtigsten Heizstoff für die Operationen im Konverter. Für die Eisengiefserei ist ein hoher Siliciumgehalt ebenfalls oft vorteilhaft, um mehr Brucheisen und Weifseisen einschmelzen zu können, und zu diesem Zwecke wird seit neuerer Zeit häufig Ferrosilicium als Zusatz verwendet (Gautier, Turner, Jüngst). Bei der Stahlfabrikation ist ein Zusatz von siliciumreichem Eisen nützlich und notwendig, um blasenfreie Güsse zu erzeugen. Es wirkt nämlich Silicium auf das absorbierte Kohlenoxydgas zersetzend (nach Gautier nach der Formel: $2\,CO + Si = SiO_2 + C$). Das Silicium schützt ferner den Kohlenstoff im Eisen und Stahl vor Verbrennung.

Aus alledem folgt, dafs ein Siliciumgehalt in manchen Roh- und Zwischeneisensorten erwünscht und vorteilhaft sein kann. Im Endprodukt ist dagegen ein Siliciumgehalt nie von Nutzen. Ein Hundertteil beeinträchtigt das Dehnungsvermögen des Stahls und macht ihn rotbrüchig.

---

[1]) Siehe Österreich. Zeitschr. für Berg- u. Hüttenwesen 1898, S. 592.

Digitized by Google

Auf Flufseisen wirkt es nach Turner[1]) wie folgt:

„Silicium giebt ein blasenfreies Flufseisen und vermehrt, wie der Kohlenstoff, Festigkeit und Härte. Ein Gehalt von mehr als 0,15 Proz. macht das Flufseisen rotbrüchig und ungeeignet zum Walzen. Zuweilen macht es das Flufseisen kaltbrüchig. Silicium macht Flufseisen dicht (sound), jedoch ist jeder Überschufs zu vermeiden, da sonst Brüchigkeit und geringe Dehnbarkeit erfolgen; 0,3 Prozent gilt noch als zulässig."

Nach Snelus macht ein Siliciumgehalt von 0,1 Prozent Flufseisen schon hart und kaltbrüchig. Wo es hauptsächlich auf die Härte ankommt, wie vielfach beim Stahl, ist ein etwas höherer Siliciumgehalt in Verbindung mit einem entsprechenden Kohlengehalt statthaft. So verlangen die englischen Stahlfabrikanten bei mehr als 0,2 Procent Silicium ein Heruntergehen des Kohlenstoffs unter 0,35 Prozent. Guter Werkzeugstahl kann 0,5 bis 0,8 Prozent Silicium enthalten (Müller)[2]).

Den Phosphor sah man früher unter allen Umständen als eine nachteilige Beimischung, als einen Feind des Eisens an. Durch die wichtige Entdeckung des Thomasverfahrens (1879) ist das Ansehen des Phosphors gestiegen. Dieser Prozefs verlangt ein phosphorreiches Roheisen; infolgedessen wurden die vorher wertlosen phosphorhaltigen Puddelschlacken ein gesuchtes Material und phosphorreiche Eisenerze stiegen im Preise. Das Verhalten des Phosphors zum Eisen wurde genau studiert. Diese Untersuchungen ergaben in Kürze das Folgende: Phosphor verbindet sich mit dem Eisen in allen Verhältnissen bis etwas über 26 Prozent. Hilgenstock fand 25,65 Prozent, Brackelsberg[3]) 26,36 Prozent als Maximum. Es bildet aber Phosphor mit dem Eisen im Gegensatz zum Silicium eine Anzahl bestimmter chemischer Verbindungen, Phosphide. Von diesen ist das Drittelphosphoreisen, Fe_3P (entsprechend dem Eisenkarbid Fe_3C) das feuerbeständigste und als ein Gemengteil mancher Roheisensorten nachgewiesen. Leopold Schneider hat es (1886) aus acht Roheisensorten durch Behandlung mit Kupferchlorid abgeschieden[4]). Leopold Schneider[5]) und Hans von Jüptner[6]) haben neben diesem Eisenphosphid auch ein Manganphosphid, Mn_3P_2, in manchen Eisensorten

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1888, S. 297.
[2]) Daselbst S. 376.
[3]) Engineering and Mining Journ. 44, 1887, p. 9.
[4]) Siehe Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1886, S. 735.
[5]) Daselbst 1896, S. 736.
[6]) Siehe Stahl und Eisen 1897, S. 524.

Digitized by Google

nachgewiesen. von Jüptner unterscheidet schädlichen oder Härtungsphosphor, der hauptsächlich den Kaltbruch erzeugt, und Phosphidphosphor und erklärt daraus die verschiedenen Erscheinungen, welche Eisensorten von gleichem Phosphorgehalt zeigen. Carnot und Goutal[1]) haben dagegen im gehärteten wie im ungehärteten Stahl Phosphor und Phosphid (Fe_3P) gefunden. Neuerdings hat J. E. Stead[2]) wichtige Untersuchungen über Eisen und Phosphor angestellt.

Phosphor hat eine grofse Verwandtschaft zu Eisen und die Phosphorsäure wird in der Hitze durch Eisen und Kohle leicht reduziert. Finkener und Hilgenstock haben sogar nachgewiesen, dafs Eisen im Überschufs Phosphor aus Phosphorsäure zu reduzieren vermag. Die Verwandtschaft wächst mit der Temperatur, weshalb es früher möglich war, bei dem Rennfeuerprozefs aus phosphorreichen Erzen phosphorarmes Eisen zu erzeugen, während umgekehrt in den hohen Temperaturen unserer heutigen Hochöfen fast aller Phosphor aus der Beschickung in das Roheisen übergeführt wird.

Dafs der Phosphor das Eisen kaltbrüchig macht, ist eine allgemein bekannte Thatsache. Er beeinträchtigt die Festigkeit des Eisens, besonders in gewöhnlicher Temperatur, und die Kaltbrüchigkeit nimmt zu mit dem Gehalt an gebundenem Kohlenstoff. Howe hat hierüber Untersuchungen veröffentlicht[3]).

Desgleichen ist es längst bekannt, dafs Phosphor den Schmelzpunkt des Roheisens erniedrigt. Dadurch ist phosphorhaltiges Giefsereieisen leicht- und dünnflüssiger, was für Kunst- und Geschirrgufs benutzt wird. Dagegen steigert Phosphor die Härte des Eisens, jedoch nicht in dem Mafse wie Kohlenstoff. Die Härtbarkeit läfst bei gleichem Kohlenstoffgehalt mit steigendem Phosphorgehalt nach[4]). Phosphorhaltiges Eisen zeigt ein grobkrystallinisches Gefüge. — Wie das Silicium ist der Phosphor in allen Endprodukten ein nachteiliger Bestandteil des Eisens.

Die grofse Verwandtschaft des Eisens zu Schwefel und die schlimme Eigenschaft desselben, das Eisen rotbrüchig zu machen, sind längst bekannt, ebenso aber auch, dafs beim Schmelzen der Kalk ein gutes Mittel abgiebt, den Schwefel zu binden. R. Åkerman und A. Ledebur haben durch Schmelzversuche festgestellt, wieviel

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1900, S. 1064.
[2]) Daselbst 1901, S. 6.
[3]) Engineering and Mining Journ. 44, 1887, p. 135.
[4]) Siehe Wedding, Handbuch der Eisenhüttenkunde, 2. Aufl., I, S. 257.

Digitized by Google

Schwefel bei geringem oder bei hohem Kalkzuschlag, beziehungsweise bei einer Bisilikat- oder einer Singulosilikatschlacke aus denselben Erzen in das Eisen übergeführt wird[1]). Desgleichen hat Ledebur gezeigt, um wieviel schwächer die Wirkung der Magnesia auf Schwefel ist. Der in das Eisen übergegangene Schwefel ist nur schwer zu entfernen. Durch Oxydation geschieht dies nur in geringerem Mafse und hierin weicht das Verhalten des Schwefels von dem des Siliciums und Phosphors ab. Als bestes Mittel zur Entschweflung des Eisens hat sich Mangan bewährt. Wallrand[2]) wies 1881 zuerst nach, dafs sich durch blofses Mischen von flüssigem, schwefelreichem Eisen mit manganreichem Eisen der Schwefelgehalt beträchtlich vermindern liefse. K. Hilgenstock[3]) bestätigte dies durch Versuche. Ledebur schreibt diese Erscheinung der Aussaigerung einer leichtflüssigeren Schwefel-Mangan-Eisen-legierung zu, wie dies bei den sogenannten „Wanzen"[4]) bei dem Roh- und Gufseisen öfter beobachtet wird. Während Schwefeleisen sich in jedem Verhältnis in flüssigem Eisen löst, besitzt Schwefelmangan eine geringe Lösungsfähigkeit in demselben.

Diese Beobachtung bildet die Grundlage eines neuen wichtigen Verfahrens der Entschweflung des Flufseisens durch den Hörder Mischprozefs, den wir später genauer beschreiben werden.

Ein Mangangehalt vermindert auch die Wirkung des Schwefels auf Rotbruch, so dafs bei gleichem Schwefelgehalt manganhaltiges Schmiedeeisen weniger rotbrüchig ist als manganfreies. Bei manganfreiem Schweifseisen bewirkt schon ein Gehalt von 0,02 Prozent Rotbruch, während bei Schweifseisen von 0,7 Prozent Mangangehalt dieser bei 0,15 Prozent Schwefel noch kaum bemerkbar ist. Janoyers Angabe, man könne den Schwefel im Eisen durch Phosphor vertreiben oder seine schädliche Wirkung vermindern, hat sich dagegen nicht bestätigt. Ebenso suchte Turner[5]) durch Versuche nachzuweisen, dafs Silicium den Schwefel austreibe. Ledebur giebt dies aber nur insoweit zu, als schwefelreiches Siliciumeisen geneigt sei, auszusaigern. Turner hat durch eine Reihe von Roheisenanalysen gezeigt, dafs der Schwefelgehalt mit abnehmendem Siliciumgehalt steigt, ein Austreiben des ersteren ist aber dadurch nicht erwiesen.

Die fünfte der am häufigsten vorkommenden und wichtigsten Beimengungen des Eisens ist das Mangan. Dieses war schon seit

[1]) Siehe A. Ledebur, Handbuch der Eisenhüttenkunde 1894, S. 291.
[2]) Siehe Revue universelle 1881, X, p. 407.
[3]) Siehe Stahl und Eisen 1894, S. 329.
[4]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. CCXIV, S. 48.
[5]) Siehe Stahl und Eisen 1888, S. 580.

Digitized by Google

einem Jahrhundert als wirksamstes Reinigungsmittel des Eisens bekannt und geschätzt. Durch den Bessemerprozefs hatte das kohlenstoffhaltige Manganeisen eine noch gröfsere Bedeutung erlangt und man stellte es im grofsen dar entweder als Spiegeleisen mit bis zu 20 Prozent Mangan, oder als Ferromangan von 20 bis 83 Prozent Mangangehalt. Durch die Darstellung und Verwendung wie durch besondere Untersuchungen war man mit dem Verhalten und den Wirkungen des Mangans näher bekannt geworden.

Die Manganoxydverbindungen sind für sich schwer reduzier- und schmelzbar, bei Gegenwart von Eisen und Kohle werden sie aber unschwer reduziert, und das Mangan legiert sich in jedem Verhältnis mit dem Eisen. Zur Herstellung sehr manganreicher Legierungen sind so hohe Temperaturen erforderlich, dafs Mangan anfängt sich zu verflüchtigen und an der Luft zu braunrotem Manganoxyduloxyd zu verbrennen. Mangan-Eisenlegierungen mit mehr als 88 Prozent Mangan zerfallen nach dem Erstarren in Pulver und zwar ohne chemische Veränderung durch den Austritt aufgelöster Gase. Gegen Kohlenstoff verhält sich das Mangan ganz ähnlich wie das Eisen, nur vermag es mehr davon aufzunehmen, doch nicht über 7 bis höchstens 7,5 Prozent. Es erhöht deshalb auch in seinen Legierungen mit Eisen die Kohlenstoffaufnahme. Mangan reinigt das Eisen von Silicium dadurch, dafs es sich leicht oxydiert, eine starke Base bildet, die zu Kieselsäure grofse Verwandtschaft hat und mit dieser leicht- und dünnflüssige Silikate giebt. Die Reinigung des Eisens von Schwefel durch Bildung von leichtflüssigem Schwefelmangan haben wir schon erwähnt.

Diese reinigende Kraft ist die wichtigste Eigenschaft des Mangans in der Eisenindustrie, doch wirkt ein geringer Mangangehalt auch günstig auf die Härte und Festigkeit des Eisens ein. Manganstahl hatte man deshalb schon früher dargestellt. R. A. Hadfield hat in einer wichtigen Arbeit [1]) die Einwirkung des Mangans auf die Härte des Kohlenstoffeisens genauer untersucht. Er fand, dafs die Härtezunahme nicht proportional der Manganzunahme ist. Die Härte des Manganstahls von mäfsigem Kohlenstoffgehalt unter 1 Prozent steigt bis zu einem Mangangehalt von 6 Prozent. 6prozentiger Manganstahl wird von keinem Werkzeug angegriffen. Von da an sinkt der Härtegrad bis zu einem Gehalt von 10 Prozent Mangan; hierauf nimmt er wieder zu und erreicht bei 22 Prozent

---

[1]) On manganese steel, Journ. of the Iron and Steel Institute 1888, II, 41; Transactions of the American Institute of Mining Engineers XIII, 233, XV, 461.

Digitized by Google

Mangan ein zweites Maximum. Für die Praxis kommt bis jetzt nur die erstere Reihe in Betracht. Die harten Legierungen von hohem Mangangehalt sind zwar sehr interessant, haben aber noch keine Verwendung gefunden. In welchem Grade ein Mangangehalt auf die Härtezunahme innerhalb der Grenze bis zu 6 Prozent wirkt, läfst sich nicht genau bestimmen, weil dabei der Kohlenstoffgehalt von grofsem Einflufs ist, doch hat Fr. C. G. Müller[1]) den Satz aufgestellt, dafs im schmiedbaren Eisen 5 Tl. Mangan die gleiche Härtezunahme bewirken wie 1 Tl. Kohlenstoff. Auch die Festigkeit des Eisens wird durch einen geringen Mangangehalt vermehrt, nimmt aber bei höherem Mangangehalt wieder ab. Wedding[2]) nimmt 3 Prozent als Grenze an, während er zugleich 0,5 bis 0,6 Prozent bei 0,95 Prozent Kohlenstoffgehalt als das günstigste Verhältnis bezeichnet. Auch für die Festigkeit hat Hadfield ein zweites Maximum bei 18 Prozent Mangangehalt gefunden.

Siliciumhaltiges Eisenmangan wirkt stark reduzierend auf überblasenes Flufseisen und wird deshalb beim Bessemer- und Thomasprozefs öfter als sogenannter Silicospiegel verwendet. Pourcel[3]) war der erste, der Silicospiegel im Hochofen darstellte. Er enthält meist 20 Prozent Mangan und 8 bis 12 Prozent Silicium.

Aufser den aufgeführten Elementen, welche wesentliche oder häufige Bestandteile des Eisens bilden, giebt es noch eine Anzahl seltener auftretender, welche die Qualität günstig oder ungünstig beeinflussen und deshalb unter Umständen von Wichtigkeit sind.

Kupfer findet sich in manchen Eisenerzen, besonders im Spateisenstein und geht beim Schmelzen derselben in das Roheisen über. Es bleibt auch bei den verschiedenen Frischprozessen mit dem Eisen verbunden. Es erzeugt bei schmiedbarem Eisen Rotbruch; indes haben neuere Untersuchungen gezeigt, dafs die schädliche Wirkung des Kupfers wenigstens bis zu 1 Prozent nicht so grofs ist, wie man früher annahm. Sie ist gröfser auf kohlenstoffreichere Eisensorten, also gröfser auf Stahl als auf Schmiedeeisen. A. Wasum[4]) hat durch Versuche nachgewiesen, dafs die Einwirkung auf Eisen mit 0,2 bis 0,3 Prozent Kohlenstoff nur gering ist. Dagegen wird der schädliche Einflufs des Kupfers verstärkt durch gleichzeitige Anwesenheit von Schwefel. Während 0,862 Prozent Kupfer und 0,15 Prozent Schwefel

---

[1]) Siehe Glasers Annalen X, S. 224.
[2]) Verhandl. des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleifses 1881, S. 509.
[3]) Siehe Gautier, Les alliages ferrométalliques, p. 96.
[4]) Siehe Stahl und Eisen 1882, S. 192.

Digitized by Google

für sich noch keinen Rotbruch bewirken, tritt dieser auf bei 0,595 Kupfer und Schwefel zusammen.

Nickel und Kobalt kommen nur selten in den Eisenerzen in merklichen Mengen vor. Dafs Nickel die Festigkeit des Eisens erhöht, war schon früher bekannt, doch waren die Ergebnisse der angestellten Versuche widersprechend, weil man kein reines Nickel verwendet hatte. Solches wird erst seit neuerer Zeit dargestellt und mit solchem stellte J. Riley 1889 seine wichtigen Versuche über Nickelstahl[1]) an. Seitdem wird mit Erfolg Nickelstahl mit 1 bis 5 Prozent Nickel besonders bei der Panzerplattenfabrikation verwendet.

Ebenso ist die härtende Wirkung von Chrom und Wolfram schon länger bekannt und benutzt. Chromeisen (Ferrochrom) mit etwa 25 Prozent Chromgehalt hat man zu Terre-noire in Frankreich seit 1879 sogar im Hochofen dargestellt. A. Ledebur fand bei Chromstahl von 0,5 Prozent Chrom- und 0,91 Prozent Kohlenstoffgehalt die Zerreifsfestigkeit zu 86,9 kg auf 1 qmm bei 15,7 Prozent Dehnung. Bei höherem Chromgehalt sinkt die Festigkeit und der Stahl wird spröde. 1 Prozent Chrom soll das zulässige Maximum sein. Besonders in Frankreich und in Amerika hat Chromstahl eine wachsende Rolle gespielt und es hat Howe über seine Anwendung nähere Mitteilungen gemacht[2]).

Aluminium wird, seitdem es so viel billiger hergestellt wird, häufig zur Reinigung des Eisens von aufgelösten Oxyden verwendet; da sich dabei leicht etwas Aluminium im Eisen auflöst, so ist das Verhalten der Eisen-Aluminiumlegierungen von Wichtigkeit. Beim Schmelzen thonerdehaltiger Erze im Hochofen wird Aluminium nicht reduziert. Ein Aluminiumgehalt bis zu 0,2 Prozent vermehrt die Festigkeit, vermindert aber die Zähigkeit des schmiedbaren Eisens, ein hoher Gehalt ist schädlich, bei 0,5 Prozent hört die Schmiedbarkeit des Eisens auf[3]). Aluminium macht das geschmolzene Eisen dickflüssig. Da sich Aluminium nicht mit Kohlenstoff verbindet, bewirkt es ähnlich wie Silicium Graphitausscheidung.

Das Aluminium ist ein vorzügliches Mittel, um schwerschmelzbare Metalle zu legieren. Hénri Moissan in Paris hat hierauf 1894 ein

---

[1]) Transact. of the Iron and Steel Instit. 1889, I, p. 45 und Stahl und Eisen 1889, S. 859.

[2]) Engineering and Mining Journal 1887, I, p. 242; s. auch Howe, Metallurgy of Steel I, p. 76.

[3]) Über die Wirkung des Aluminiums auf Stahl hat Stead 1894 seine Erfahrungen im Journ. of the Iron and Steel Instit. 47, S. 77 veröffentlicht.

Digitized by Google

Patent (D. R. P. 82624) genommen. Um z. B. Titaneisen herzustellen, führt man dem geschmolzenen Eisen Titan-Aluminium zu.

Arsen hat man in neuerer Zeit mehr beachtet wie früher. Es findet sich in vielen Eisensorten. Carnot und Goutal fanden, dafs es in weichem Stahl sich unverbunden in Lösung befindet, während es in gehärtetem Stahl an Eisen gebunden als Fe_2As erscheint[1]).

Von grofser Wichtigkeit sind die neueren Untersuchungen über das Verhalten von Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenoxydgas zu Eisen. Dafs Sauerstoff sich im verbrannten Eisen und im überblasenen Flufseisen findet, war schon früher bekannt. Das genauere Verhältnis, in welchem dies der Fall ist, wurde erst durch neuere Untersuchungen, besonders von A. Ledebur, festgestellt. Danach ist der Sauerstoff im überblasenen Flufseisen als Eisenoxydul im Eisen gelöst, doch vermag flüssiges Eisen nur 1,1 Prozent Eisenoxydul, entsprechend 0,25 Proz. Sauerstoff, aufzunehmen. Andere wollen allerdings einen gröfseren Sauerstoffgehalt gefunden haben, so Bender 0,34, Tucker 1,74 und Parry 2,04 Proz.[2]). Auch Ledebur wies in einem Schweifseisen 0,515 Proz. Sauerstoff nach, doch war dieser als Glühspan oder Schlacke darin enthalten. Proben von überblasenem Thomaseisen, welche Ledebur analysierte, zeigten einen höheren Sauerstoffgehalt als den oben angegebenen. Der Sauerstoffgehalt war um so gröfser, je weniger Kohlenstoff und Mangan das Flufseisen enthielt, je mehr es entkohlt war. Drei Proben von Hörde enthielten bei 0,037, 0,123 und 0,050 Prozent Kohlenstoff 1,098, 0,837 und 0,774 Proz. Eisenoxydul, entsprechend 0,244, 0,187 und 0,171 Prozent Sauerstoff. Kleinere Mengen Eisenoxydul fand Ledebur auch in kohlenstoff- und manganreichem Eisen, das erstarrt war, ehe die Zusetzung des Eisenoxyduls durch jene Körper beendet war[3]), und zwar nicht nur im Konverter, sondern auch im Flammofenflufseisen[4]).

Die Sauerstoffbestimmungen im Eisen sind sehr schwierig. A. Ledebur war der erste, der ein brauchbares Verfahren hierfür angab[5]).

Die Beimengung von Sauerstoff beeinträchtigt die Güte des Eisens und zwar erzeugt schon ein Gehalt von etwa 0,1 Prozent Rotbrüchigkeit. Ferner bewirkt die Gegenwart von Sauerstoff im Flufseisen

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1900, S. 1064.
[2]) Howe, Engineering and Mining Journal 1887, II, p. 351.
[3]) Siehe Ledebur, Handbuch der Eisenhüttenkunde, S. 253.
[4]) Siehe auch Glasers Annalen X, S. 181.
[5]) Stahl und Eisen 1882, S. 193, 1883, S. 502; Chemiker-Ztg. 1885, S. 17.

Digitized by Google

Blasenbildung in den Gufsblöcken, weil die Wirkung des Eisenoxyduls auf den Kohlenstoff im Eisen bis zum Erstarrungspunkt andauert.

Dafs das Eisen eine ganz bedeutende Verwandtschaft zum Wasserstoff hat und für dieses Gas eine grofse Absorptionsfähigkeit besitzt, sind Thatsachen, die erst in dieser Periode entdeckt und klargestellt worden sind. Allerdings hatte schon Graham (s. Bd. I, S. 8) vor fast 40 Jahren nachgewiesen, dafs Meteoreisen Wasserstoffgas in beträchtlicher Menge absorbiert enthält, und hat auf diese Beobachtung weitgehende Schlüsse über eine Wasserstoffatmosphäre des Urgestirns, dem die Meteoriten entstammten, gegründet. Dafs aber auch alles künstlich bereitete Eisen Wasserstoff in verhältnismäfsig grofser Menge gelöst oder absorbiert enthält, wurde zuerst von Troost und Hautefeuille[1]), welche verschiedene Eisensorten im luftleeren Raum erhitzten und die Gase analysierten, nachgewiesen.

Diese Versuche wurden dann von vielen anderen, besonders von Fr. C. G. Müller[2]) Ledebur[3]), Stead[4]), Parry u. a., wiederholt und weiter ausgeführt. Müller fand, dafs sich die Gase, welche unter Druck in den Poren des Eisens festgehalten werden, durch Anbohren unter Wasser entbinden und auffangen lassen. Aus umstehender Tabelle ist die Zusammensetzung einiger dieser von ihm untersuchten Gase zu ersehen.

Im allgemeinen nimmt die Löslichkeit des Wasserstoffs im Eisen mit dem Kohlengehalt ab; Mangan (nach Pourcel[5]) und Silicium (nach Müller) erhöhen dieselbe. Bearbeitung durch Hämmern und Walzen vermindert den Gasgehalt überhaupt, insbesondere aber den Gehalt an Wasserstoffgas.

Die beim Glühen der Bessemerblöcke in den Ausgleichegruben entweichenden Gase bestanden nach Stead aus 82,5 Prozent Wasserstoff, 12,5 Prozent Kohlenoxydgas und 5 Prozent Stickstoff. Finkener untersuchte auf H. Weddings Veranlassung die Gase in den Hohlräumen der aus massiven Blöcken gewalzten Mannesmannröhren und fand darin 99 Prozent Wasserstoff und 1 Prozent Stickstoff.

---

[1]) Compt. rend. 76, p. 482, 565, und 80, p. 788.

[2]) Zeitschr. des Vereins deutsch. Ingen. 23, S. 493.

[3]) Stahl und Eisen 1882, S. 591.

[4]) Iron XVII, 414.

[5]) Es erhob sich 1882 ein Streit zwischen A. Pourcel und Dr. Friedrich C. G. Müller, ob die Wirksamkeit des Mangansilicids zur Verhinderung der Blasenbildung im Flufsstahl dem Mangan oder dem Silicium zuzuschreiben sei. Müller nahm an, dafs die Blasen von ausgeschiedenem Wasserstoff herrührten, während nach Pourcel Kohlenoxyd sie veranlassen soll. Stahl und Eisen 1883, S. 48.

Digitized by Google

Eisenart	Gasmenge in Volum-Proz.	Zusammensetzung		
		Wasserstoff	Stickstoff	Kohlenoxyd
A. Roheisen:				
Englisches von Solvay, blasenfrei, manganarm	3,5	52,1	44,0	3,9
Von der Georg-Marienhütte, manganhaltig	10,0	62,2	35,5	2,8
Von Bochum aus dem Kupolofen	35,0	83,3	14,2	2,5
B. Schmiedbares Eisen:				
Bessemerschienenstahl	48,0	90,0	9,7	0,0
Bessemerfederstahl . .	21,0	81,9	18,1	0,0
Bessemerstahl vor Zusatz von Spiegeleisen	60,0	88,8	10,5	0,7
Derselbe nach Zusatz von Spiegeleisen . .	45,0	77,0	23,0	0,0
Dichter Stahl vor dem Schmieden	17,0	92,1	5,9	1,4
Derselbe nach dem Schmieden	5,5	72,4	25,3	1,3
Martinflufseisen vor dem Zusatz von Spiegeleisen	25,0	67,0	30,8	2,2
Thomasflufseisen ohne Zusatz von Ferromangan	20,0	64,5	35,4	0,0
Dasselbe mit Zusatz von Ferromangan .	36,0	85,4	14,3	0,6

A. Ledebur bestimmte den Wasserstoffgehalt verschiedener Eisensorten dem Gewicht nach und fand:

in Eisenmangan mit 70 Prozent Mangan . . 0,0028 Prozent
„ Siliciumeisen mit 11,29 Prozent Silicium, 2,08 Prozent Mangan und 1,59 Prozent Kohle . . . . 0,0028 „
„ Martineisen (gegossen) mit 0,10 Prozent Kohle, 0,14 Prozent Silicium und wenig Mangan . . . . 0,0017 „

Howe[1]) nimmt nach Cailletets Untersuchungen von galvanisch gefälltem Eisen[2]) den höchsten Gehalt von Wasserstoff im Eisen zu 0,17 Prozent, entsprechend dem 154fachen Volum an.

[1]) Engineering and Mining Journ. 1888, I, p. 55.
[2]) Comptes rendus (1875) LXXX, p. 319.

Digitized by Google

Nach Ledeburs Versuchen ist anzunehmen, dafs kein Handelseisen mehr als 10 Vol.- oder 0,01 Gew.-Prozent Wasserstoff in seiner Masse zurückhält. Ob der Wasserstoff zum Teil an Stickstoff gebunden als Ammoniak vorhanden ist, scheint glaubhaft, ist jedoch nicht erwiesen.

Einen nachteiligen Einflufs übt das absorbierte Wasserstoffgas auf das Eisen nicht aus, höchstens kann es unter Umständen Blasenbildung erwirken.

Der Wasserstoff verbindet sich unter gewissen Bedingungen, besonders wenn er in gröfserer Menge im status nascendi mit Eisen in Berührung kommt, zu einer festeren Form, welche Ledebur als Legierung bezeichnet[1]. Dann macht er das Eisen kaltbrüchig. Diese Erscheinung tritt besonders bei der Beizung von Eisendraht mit Säuren auf, weshalb Ledebur, der genauere Untersuchungen darüber angestellt hat, sie als „Beizbrüchigkeit" bezeichnet.

Neuerdings hat E. Heyn in Charlottenburg nachgewiesen, dafs das Eisen zwischen den kritischen Punkten A^2 und A^3 etwa zwischen 730 und 1000° C. eine gröfsere Absorptionsfähigkeit für Wasserstoff hat als über oder unter diesen Temperaturgrenzen[2].

Über den Stickstoffgehalt des Eisens hat A. H. Allen[3] neuere Untersuchungen veröffentlicht, welche bestätigen, dafs der Stickstoffgehalt im Eisen nur gering sein und die Eigenschaften des Eisens kaum beeinflussen kann. Während Allen in Spiegeleisen nur 0,041 Prozent auffand, betrug der höchste in einem Gufsstahl mit 1,30 Prozent Kohlenstoff aufgefundene Stickstoffgehalt 0,0172 Prozent. Ebenso fand Tholander[4] in verschiedenen Flufseisensorten 0,006 bis 0,022 Prozent Stickstoff.

Weit wichtiger ist das Verhalten des Eisens und der Eisenoxydverbindungen zu Kohlenoxydgas. Fassen wir zunächst, an das Vorhergehende anknüpfend, die Löslichkeit des Kohlenoxydgases im Eisen ins Auge, so ist diese in kaltem Eisen gering. Fr. Müller fand in den durch Anbohren von kaltem Eisen aufgefangenen Gasen nur sehr geringe Mengen Kohlenoxydgas, wie aus der Tabelle, S. 352, zu ersehen ist. Dagegen wies er einen beträchtlich höheren Kohlenoxydgehalt in den aus dem flüssigen Metall austretenden Gasen nach. Dies erklärt sich zum Teil schon aus der im flüssigen Metall vor sich

---

[1]) Siehe Handbuch der Eisenhüttenkunde 1894, S. 310.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1900, S. 837.
[3]) Iron XVI, p. 132.
[4]) Siehe Stahl und Eisen 1889, S. 115.

Digitized by Google

gehenden Kohlenoxydgasentwickelung. Doch enthält auch das aus überblasenem Bessemer- und Thomasflufseisen austretende Gas 8,8 bis 35 Prozent Kohlenoxydgas, während nach dem Zusatz von Ferromangan 34 bis 77,3 Prozent Kohlenoxydgas darin nachweisbar sind. Das Kohlenoxydgas tritt aber vor dem Erstarren aus, wodurch Spritzen- und Blasenbildung entsteht. Silicium, Mangan und Aluminium wirken durch Reduktion des Kohlenoxydgases dem entgegen.

Dafs Kohlenoxyd mit dem Eisen unter besonderen Bedingungen eine chemische Verbindung, Eisenkarbonyl, $Fe(CO)_5$, bildet, wurde 1891 von Mond und Quincke nachgewiesen, hat aber für das Hüttenwesen vorläufig keine Bedeutung.

Von grofser Wichtigkeit für den Hochofenprozefs ist dagegen die Thatsache, dafs Kohlenoxyd bei Berührung mit Eisenoxyd in einer Temperatur von 300° bis 400° C. in Kohlensäure und Kohlenstoff zerfällt ($2\,CO = CO^2 + C$), wobei Kohle abgeschieden wird. Schon 1851 hatte Stammer eine Abscheidung von Kohle beim Überleiten von Kohlenoxydgas über glühendes Eisen beobachtet. Auch wurden schon früher öfter Kohlenausscheidungen im Hochofen, besonders in Fugen der inneren Ofenwände, beobachtet. Aber erst 1871 wurde diese zuerst von Lowthian Bell beobachtete Erscheinung [1]) von Gruner [2]) genauer in Bezug auf den Hochofenprozefs untersucht und nachgewiesen, dafs Eisen diese Ausscheidung nur dann bewirkt, wenn gleichzeitig Oxyd anwesend ist. Weitere Untersuchungen dieses sonderbaren Vorganges rühren von Ledebur [3]) und Åkerman [4]) her [5]).

Die **chemische Analyse** des Eisens, der Eisenerze, Zuschläge, Schlacken, Gase u. s. w. hat eine so grofse Bedeutung für die Eisenindustrie gewonnen, dafs ihre Fortschritte als ein Teil der Geschichte des Eisens behandelt werden müssen, wobei wir uns allerdings nur auf das Wichtigste beschränken können.

Die chemische Analyse des Eisens hat sich nach zwei Richtungen entwickelt, nach der rein wissenschaftlichen, welche höchste Genauigkeit erstrebt, und nach der praktischen, welche möglichste Genauigkeit

[1]) Siehe Journ. of the Iron and Steel Inst. 1872, I, 43.

[2]) Siehe Annales de chimie et de physique, sér 4, XXVI, 5, und Annales des Mines, sér. 7, XV, 108.

[3]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1877, S. 277.

[4]) Siehe Stahl und Eisen 1883, S. 157.

[5]) Weitere litterarische Nachweise zu diesem Kapitel findet man in A. Ledebur, Handbuch der Eisenhüttenkunde 1899, S. 351.

Digitized by Google

mit gröfster Beschleunigung zu erreichen sucht. Für die Betriebskontrolle verdient oft eine weniger genaue Methode dadurch, dafs sie einfach und rasch zum Ziele führt, vor einer genaueren, aber umständlicheren, den Vorzug. In diesem Sinne hat sich die Eisenprobierkunst in den letzten 30 Jahren fortgebildet.

Die Analyse des Eisens hat in diesem Zeitraum eine grofse Wichtigkeit erlangt, und sind auf keinem anderen Gebiete so viele Fortschritte und Verbesserungen zu verzeichnen wie hier. Deshalb stellen wir sie in den Mittelpunkt unserer Betrachtung. Wir werden uns aber darauf beschränken müssen, einen kurzen Überblick der neuen oder verbesserten Methoden zur Bestimmung der wichtigsten Bestandteile des Eisens: Kohlenstoff, Silicium, Phosphor, Schwefel und Mangan, zu geben.

Die von Regnault und Berzelius, dann von Gmelin und Wöhler angewendeten Methoden der Bestimmung des gesamten Kohlenstoffs durch direkte Verbrennung wurden 1871 von von Jüptner und Weissmann empfohlen. Ülsmann bezeichnet 1877 die von Wöhler eingeführte Verbrennung mit Kupferoxyd als das eleganteste und schönste Verfahren, wenn sich das Eisen fein pulvern liefse. Der Amerikaner Litterwall wendete 1886 zur direkten Verbrennung im Sauerstoffstrom eine Platinröhre an. C. Lorenz empfiehlt, die Verbrennung bei hoher Temperatur in einem Glaserschen Verbrennungsofen vorzunehmen[1]). Die Methode ist nur anwendbar, wenn das Eisen in sehr fein verteiltem Zustande, gut zerkleinert verwendet werden kann. Ihre Nachteile sind: leichtes Zusammensintern des Eisens und infolgedessen unvollständige Verbrennung, lange Zeit und unbestimmtes Ende des Prozesses.

Aus diesen Gründen wird der Gesamtkohlenstoff jetzt meist durch Abscheidung und darauf folgende Verbrennung bestimmt. Die Verbrennung geschieht entweder im Sauerstoffstrom oder nach Ullgren mit Chromsäure. Für die Abscheidung hat man teils die älteren Methoden verbessert, teils neue erfunden.

Langley empfahl 1871 Auflösen des Eisens in Kupfervitriol, Sammeln des Kohlenstoffs auf einem Asbestfilter. und Verbrennen im Sauerstoffstrom. Ad. Tamm verwirft dagegen Kupfervitriol als Lösungs-

---

[1]) Andere Methoden der direkten Verbrennung von O. Petterson und A. Schmitt sowie von R. Lorenz und Leopold Schneider siehe Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1894, S. 242. — 1890 wurde von dem Verein zur Beförderung des Gewerbefleifses die Kohlenstoffbestimmung im Eisen zu einer Preisaufgabe gemacht und erhielten die Professoren A. Ledebur, Götting und W. Hempel den 1., 2. und 3. Preis (Stahl und Eisen 1894, S. 359).

Digitized by Google

mittel für Stahl. Jedenfalls hat sich das von A. S. McCreath 1876 in Vorschlag gebrachte Doppelsalz von Kupferchlorid-Chlornatrium und das 1877 von Pearce verwendete Kupferammoniumchlorid viel besser bewährt und allgemeine Anwendung gefunden. Bewegung der Flüssigkeit bei der Lösung, etwa durch einen Schüttelapparat, ist zu empfehlen (H. Brearley, H. Wdowizewski). McCreath und Pearce benutzten zur Verbrennung nach Ullgrens Vorschlag Chromsäure. A. Tremus empfahl 1882 die Verbrennung im Sauerstoffstrom; A. Ledebur dagegen die Zerlegung durch Kupferammoniumchlorid, Verbrennung des auf einem Asbestfilter gesammelten Kohlenstoffs mit Chromsäure und Schwefelsäure (nach von Jüptner oder Särnström) und Auffangen der Kohlensäure in einem gewogenen Kaliapparat. Dies ist denn auch mit manchen kleinen Verbesserungen das verbreitetste Verfahren für die Kohlenstoffbestimmung geworden.

In Frankreich ist allerdings die von Boussingault eingeführte Abscheidung des Kohlenstoffs durch Quecksilberchlorid mehr im Gebrauch geblieben. Weyl, Binks u. A. verwenden Chlorsilber zur Trennung.

Die von Wöhler vorgeschlagene Methode, das Eisen durch Erhitzen in einem Chlorgasstrom zu verflüchtigen, gab nach J. Gintls Untersuchung (1882) zu niedrige Resultate, weil das Chlor mit Sauerstoff vermischt war. Um diesen vorher abzuscheiden, schlägt er vor, das Gas erst durch glühende Holzkohlen zu leiten. Nach Watts (1882) genügt es, das Chlorgas vollkommen zu trocknen, da der Sauerstoff als Wasserdampf mitgeführt wird. Watts verflüchtigt erst das Eisen in einem trockenen Chlorgasstrom und leitet dann Sauerstoff über den Rückstand zur Verbrennung der Kohle zu Kohlensäure. Auch eine Beimischung von Chlorwasserstoff beeinträchtigt die Genauigkeit des Resultats. Um dieses zu entfernen, leitet Hampe (1891) das Chlorgas erst durch konzentrierte Permanganatlösung. Unter Anwendung dieser Vorsichtsmafsregeln hält H. Wedding[1]) diese Methode für die zuverlässigste. — Deville benutzte reines Chlorwasserstoffgas zur Verflüchtigung.

Die von Eggertz (1862) vorgeschlagene Auflösung des Eisens durch Jod oder Brom hat sich für die Eisenanalyse nicht besonders bewährt, weil sich dabei flüchtige Kohlenstoffverbindungen bilden. Für Schlackenanalysen ist sie brauchbar. Bei der Behandlung mit Jod soll der Kohlenstoff mit Jod und Wasser nach der Formel $C_{40}J + 20H^2O$ mit 60 Prozent Kohlenstoffgehalt zurückbleiben.

[1]) Siehe Wedding, Handbuch etc., S. 646.

Dr. Alb. Brand hat 1887 bromierte Salzsäure zur Abscheidung des Kohlenstoffs und darauf folgende Verbrennung vorgeschlagen.

Die Verbrennung des Kohlenstoffs geschieht entweder im Sauerstoffstrom in einem Verbrennungsrohr unter Glühen oder in Lösung mit Chromsäure und Schwefelsäure in dem Ullgrenschen[1]) oder dem von Finkener[2]) angegebenen Apparat.

Die Kohlensäure wird gewogen oder gemessen. Zum Wiegen bedient man sich des von Liebig angegebenen Kaliapparates oder des Geifslerschen Apparates[3]), oder eines mit Natronkalk gefüllten Rohres. — Zum Messen wendet man den von Wiborgh[4]) 1887 angegebenen Apparat an. Wiborghs Verfahren wurde von von Reis, Thörner, Reinhardt und 1891 von Lunge und Marchlewski[5]) verbessert.

Die von Eggertz 1862 vorgeschlagene kolorimetrische Kohlenstoffbestimmung (S. 23) hat sich ihrer Einfachheit und Raschheit wegen als Betriebsprobe erhalten und wurde vielfach verbessert, sowohl von Eggertz selbst, wie von anderen[6]). Da die Normallösungen nicht lange ihre Farbe behalten, hat man Lösungen von Kaffee oder gebranntem Zucker vorgeschlagen, die sich aber auch nicht bewährten.

F. F. Morell empfahl 1871 künstlich gefärbte Gläser. Britton machte sich 1874 eine Skala von 16 Proberöhrchen, welche Kaffee in Wasser und Alkohol gelöst enthielten und zugeschmolzen wurden. Er verglich damit die in einem gleichen Proberöhrchen eingefüllte salpetersaure Lösung durch Einschaltung. A. Blair bestimmte (1883) die Färbung durch Verdünnung, wozu er sich eines besonderen Proberohres[7]) bedient. Le Neve Forster hat 1887 einen Apparat zur Farbenvergleichung, den er Tintometer nennt, aus geschliffenen, gefärbten Gläsern hergestellt. Ukena wendet (1890) farbige Gläser mit einer Milchglasplatte als Hintergrund an.

Stead[8]) hat ein anderes kolorimetrisches Verfahren, welches für kohlenstoffarmes Eisen, für welches die Eggertzsche Probe nicht ausreicht, besonders empfehlenswert ist, angegeben. Es beruht auf

---

[1]) Siehe a. a. O., S. 626.
[2]) Siehe a. a. O., S. 628.
[3]) Siehe a. a. O., S. 629.
[4]) Siehe Stahl und Eisen 1887, S. 465.
[5]) Siehe Stahl und Eisen 1891, S. 666; Zeitschrift für angewandte Chemie 1891, S. 412.
[6]) Neuerdings von Spüller in Kladno, siehe Stahl u. Eisen 1900, S. 825.
[7]) Siehe Wedding, Handbuch I, S. 652.
[8]) Siehe Stahl u. Eisen 1883, S. 540.

Digitized by Google

Vergleichung der Farbentöne einer Lösung des kohlenstoffhaltigen Rückstandes aus salpetersaurer Eisenlösung in Ätzkali. Zur Farbenvergleichung hat er ebenfalls einen besonderen Apparat [1]) konstruiert. Weitere kolorimetrische Kohlenstoffbestimmungen wurden vorgeschlagen (1888) von Ridsdale und (1894) von Walter G. McMillan [2]).

Die kolorimetrischen Proben geben nur den Gehalt an gebundenem Kohlenstoff (Härtungskohle, Karbid) an, infolgedessen fallen sie meist etwas zu niedrig aus [3]). Den Graphit bestimmt man durch Lösen des Eisens in kochender Salzsäure unter Luftabschlufs und nachheriges Verbrennen und Wiegen als Kohlensäure. Der Gehalt an gebundenem Kohlenstoff ergiebt sich aus der Differenz von Gesamtkohlenstoff und Graphit.

Eine neue Aufgabe stellte die Forderung, die verschiedenen Kohlenstoffformen im Eisen nebeneinander zu bestimmen. Hierüber hat Hans Jüptner von Johnsdorf Versuche angestellt [4]). Karbidkohlenstoff entweicht nach A. Ledebur beim Lösen des gehärteten Stahls in Schwefelsäure, die mit der zehnfachen Menge Wasser verdünnt ist, während Graphit zurückbleibt. Müller scheidet Karbidkohle durch stark verdünnte Schwefelsäure ab.

Das Silicium im Eisen wird in der Regel durch Auflösen in Salpetersäure und entweder Eindampfen mit Schwefelsäure, Erhitzen des Rückstandes und Wiegen, oder durch Zusatz von Salzsäure, Abdampfen, Verdünnen, Filtrieren, Schmelzen des Rückstandes mit Natriumkaliumkarbonat und Bestimmung der Kieselsäure in der Schmelzmasse in der üblichen Weise ermittelt.

L. Blum schlug 1883 Lösen in Bromsalzsäure und Verbrennen des Rückstandes im Platinschiffchen vor, welches Verfahren von von Jüptner und O. Gmelin empfohlen wurde. Th. Turner empfahl 1883 die Verflüchtigung von Eisen und Silicium im Chlorstrom und Einleiten der flüchtigen Chloride in Wasser, wodurch Siliciumchlorid zersetzt und Kieselsäure abgeschieden wird, welche man bestimmt.

Als besonders schnelles Verfahren gab Jos. Morgan (1887) Glühen der Eisenprobe in einer Muffel bei Hellrotglut an, wodurch Silicium in Kieselsäure übergeführt wird, die man dann aus der Lösung abfiltriert. Dieses Verfahren ist nach Drown in Amerika jetzt eingeführt.

---

[1]) Siehe a. a. O., S. 667.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1894, S. 1073.
[3]) H. J. Howes' Missing carbon, Journ. Iron and Steel Inst. 1896, I, p. 170.
[4]) Siehe Österreich. Zeitschr. 1897, S. 341.

Digitized by Google

Für die Bestimmung des **Mangans** stellte sich ganz besonders das Bedürfnis nach schnellen und dabei doch genügend genauen Proben heraus, da die älteren zuverlässigen Bestimmungen als Schwefelmangan (von H. Rose) und als Pyrophosphat zu zeitraubend waren. Es wurden dafür in den letzten 25 Jahren eine grofse Zahl von Vorschlägen gemacht und ist eine beträchtliche Litteratur darüber erwachsen.

Die meisten Schnellproben beruhen auf Mafsanalysen. Von diesen haben besonders zwei, die Volhardsche Permanganatprobe und die Hampesche Chloratprobe, grofse Verbreitung erlangt.

1879 trat Volhard in einem vortrefflichen Aufsatz in Liebigs Annalen der Chemie (198, S. 318) mit seinem Verfahren der Manganbestimmung an die Öffentlichkeit. Dasselbe beruht darauf, dafs Kaliumpermanganat das Mangan aus neutraler, salpetersaurer Lösung als Dioxyd ausfällt, doch geschieht dies nur bei Gegenwart anderer basischer, nicht höher oxydierbarer Metalloxyde, wie z. B. Zinkoxyd, vollständig. Das Zinkoxyd bewirkte zugleich auch die Fällung des Eisens, welches als Eisenoxyd gelöst sein mufs. Sobald alles Mangan oxydiert ist, tritt bei weiterem Zusatz von Permanganat die bekannte violette Färbung ein.

Schöffel und Donath schlugen 1882 ein etwas abgeändertes Verfahren vor, welches sich besonders für manganreiche Verbindungen, wie Ferromangan, eignet. Die salzsaure Lösung wird mit Kaliumchlorat gekocht, dann auf ein bestimmtes Mafs verdünnt. Ein abpipettierter Teil wird dann mit Natriumkarbonat neutralisiert und mit Zinkoxyd versetzt in eine nahezu kochende Kaliumpermanganatlösung eingetragen. Unter Kochen scheidet sich das Mangandioxyd aus. Der Überschufs des Permanganats wird mit einer Lösung von arseniger Säure zurücktitriert. C. Meineke[1]) (1883) löst in Schwefelsäure und Salpetersäure, setzt dann Chromsäure zu und kocht. Nachdem der Überschufs von Chrom- und Schwefelsäure mit Chlorbaryum ausgefällt ist, wird die Lösung in eine abgemessene Menge einer heifsen mit Chlorzink versetzten Kaliumpermanganatlösung eingetragen. Der Überschufs des letzteren wird mit Antimoniumchlorür reduziert und dieses mit Permanganat zurücktitriert. Bei diesem Verfahren soll alles Mangan als Dioxyd gefällt werden, während bei den vorigen Methoden immer etwas Manganoxydul mit dem Dioxyd abgeschieden wird.

[1]) Repert. der analyt. Chem. III, 337; Mitteilungen über die amtl. Lebensmittel-Untersuchungs-Anstalt etc. Wiesbaden 1883/84, S. 63.

Digitized by Google

Fast gleichzeitig mit Volhards Methode, im Jahre 1879, wurden von F. Kefsler[1]) in Deutschland und von Pattinson[2]) in England zwei andere Manganbestimmungen bekannt gemacht. Letztere erforderte nur die halbe Zeit.

Kefslers Methode, bei welcher das Mangan durch Kochen mit Natriumacetat nach Zusatz von Brom und Chlorzink ausgefällt, der Niederschlag mit einer bestimmten Menge Chlorantimonlösung behandelt, dann gelöst und mit Kaliumpermanganat titriert wird, leidet, abgesehen davon, dafs sie umständlicher ist, ebenfalls an dem Fehler, dafs das Mangan nicht als reines Dioxyd, sondern teilweise als Oxydul ausgefällt wird.

Pattinsons Methode wurde von A. Ledebur in Deutschland eingeführt und empfohlen. Sie gründet sich auf die Fällung des Mangans als Mangandioxyd durch Kaliumhypochlorid (Bleichkalk) und Kaliumkarbonat in Gegenwart von Eisenchlorid, deshalb wird sie auch öfter als „Chlorkalkprobe“ bezeichnet[3]). Der Niederschlag wird mit einer bestimmten Lösung Ferrosulfat unter Zusatz von Schwefelsäure gelöst und der Überschufs des Ferrosulfats titriert. Die Methode ist gut für manganreiche Verbindungen, wie für Spiegeleisen und Ferromangan, geht aber wohl nicht schneller wie die Volhardsche.

Aufser diesen Verfahren waren bis 1883 noch viele andere in Vorschlag gebracht worden, gewichts- und mafsanalytische, so von S. Kern (1876), A. Classen (1876), G. Rosenthal, Alf. Riche (1877), Beilstein und Jawein (1879), Kerpely (1879), Särnström (1881), Alex. E. Haswell (1881), Fremy (1881), F. D. Williams (1881).

Von hervorragender Bedeutung war die von Hampe[4]) (1883) veröffentlichte Chloratmethode. Es wird hierbei in Salpetersäure gelöst, hierauf das Mangan durch Zusatz von Kaliumchlorat und Kochen als Superoxydhydrat gefällt, der Niederschlag in verdünnter Schwefelsäure und Ferroammoniumsulfat gelöst und der Überschufs mit Kaliumpermanganat zurücktitriert. Diese Methode ist für grofse und für kleine Mengen von Mangan brauchbar, wenn nicht viel Phosphor anwesend ist.

Die zahlreichen Vorschläge veranlafsten Dr. Schmitt und C. Meineke, in der Generalversammlung des Vereins analytischer

---

[1]) Zeitschrift für analyt. Chem. XVIII, S. 1.

[2]) Journ. of the Chem. Soc. 1879, Juniheft S. 365; Zeitschr. für analyt. Chem. 1880, XIX, S. 346.

[3]) Siehe H. Wedding, Handbuch I, S. 676.

[4]) Chemiker-Ztg. 1883, S. 1106.

Digitized by Google

Chemiker im Juni 1883 die Wahl einer Kommission zur Aufstellung einheitlicher Normen für die Manganbestimmung in Eisen und Eisenerzen aufzustellen. Wenn dieser Zweck auch nicht erreicht wurde, so wurden doch die Methoden auf ihre Zuverlässigkeit genauer geprüft, und fanden die von Volhard und Hampe mit einigen nachträglichen Verbesserungen in den deutschen Hüttenlaboratorien die gröfste Verbreitung; Ledebur empfahl aufserdem noch die Methode von Pattinson als die schnellste[1]). Unter den praktischen Verbesserungen der Volhardschen Methode sind die von N. Wolff 1884[2]) angegebenen, welche allgemeine Anwendung gefunden haben, hervorzuheben. Die Hampesche Methode wurde von Ukena verbessert.

Von den später in Vorschlag gebrachten Manganbestimmungen sind noch die von Meineke 1887 angegebene Quecksilberoxydprobe[3]) und die J. Rothesche Ätherprobe[4]) hervorzuheben. Meineke fällt das Mangan als Dioxyd mit Quecksilberoxyd und Brom. Hierbei fällt reines Dioxyd aus, während bei den anderen Proben immer Manganoxydul bis etwa 4 Prozent dem Dioxyd beigemischt ist und eine dementsprechende Korrektur stattfinden mufs.

Die Rothesche Probe beruht auf der Thatsache, dafs Eisenchlorid aus salzsauren Lösungen von Äther vollständig ausgezogen wird, während die übrigen Chloride zurückbleiben. Rothe hat hierfür einen besonderen Apparat konstruiert, mit dem die Trennung mittels Äther leicht auszuführen ist.

H. Wedding[5]) empfiehlt dieses Verfahren als das beste. In den Hüttenlaboratorien hat es aber bis jetzt noch keine Verbreitung gefunden.

Weitere Methoden der Manganbestimmung wurden seit 1883 vorgeschlagen von M. Troilus[6]), Tamm[7]), Särnström[8]) (1884), C. Reinhardt (1885), von Jüptner (1885), A. Settenvall (1886), G. von Knorre und M. Illinski (1887), welche Nitrosonaphtol zum Ausfällen des Eisens anwenden, Alb. Brand (1887), Friedmann[9])

[1]) Siehe Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1884, S. 452.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1884, S. 702.
[3]) Rep. der analyt. Chem. 1887, S. 54 bis 67.
[4]) Mitteilungen aus den Kgl. techn. Versuchsanstalten 1892. 1. Heft, S. 132.
[5]) Siehe Wedding, Handbuch der Eisenhüttenkunde I, S. 680 u. 688.
[6]) Jern Kont. Annal. 1883, S. 466.
[7]) Daselbst 1884, S. 74.
[8]) Daselbst 1884, S. 126.
[9]) Siehe Stahl und Eisen 1888, S. 316.

Digitized by Google

(1888), Carnot, der Wasserstoffsuperoxyd zur Oxydation benutzt, Leop. Schneider[1]) (1888), der Wismuttetraoxyd, später Bleisuperoxyd hierfür anwendet, R. W. Atkinson, Perillon, A. Ghilain (1888), K. Rubicius (1891), M. A. von Reis (1892), Deshay.

Kolorimetrische Manganbestimmungen wurden unter anderem empfohlen von Brunner (1874), Volhard (1879), Götz[2]) (1882), Pichard, Osmond, A. de Rossi (1891), doch haben dieselben keine Verbreitung gefunden.

Dagegen hat sich das kolorimetrische Verfahren für die Bestimmung des Schwefels im Eisen sehr bewährt. Vordem war es die Eggertzsche Probe mit Silberblech (s. Bd. IV, S. 792), seit 1886 ist es die von Wiborgh angegebene Kadmiumprobe, welche in den Hüttenlaboratorien vorzugsweise angewendet wird. Eine mit Kadmiumacetat getränkte Zeugscheibe, welche die obere Öffnung des Apparates verschliefst und durch welche aller bei der Lösung entwickelter Schwefelwasserstoff durchstreichen mufs, färbt sich heller oder dunkler gelb. Die Farbentöne lassen sich leicht unterscheiden und mit den auf einer Tafel gedruckten Normalfarben vergleichen. Eine beigefügte Tabelle dient zur prozentualen Berechnung des Gehaltes. Diese Probe ist schärfer als die von Eggertz, weil die Farben leichter zu unterscheiden sind, das Lösen unter Kochen geschieht und vollständiger ist. Als Betriebsprobe reicht sie aus, für wissenschaftliche Untersuchungen nicht. Hierfür sind jetzt besonders zwei Methoden in Anwendung, die beide schon älter sind: das Johnstonsche Verfahren mit Brom und das Gintlsche Verfahren mit Eisenchlorid.

Bei der Johnstonschen Methode[3]) wird der bei der Lösung des Eisens entwickelte Schwefelwasserstoff in eine Lösung von Brom in Salzsäure geleitet und dadurch vollständig zu Schwefelsäure oxydiert. Es geschieht dies unter besonderen Vorsichtsmafsregeln in einem eigens dafür konstruierten Apparat. Die Bromlösung mit der Schwefelsäure wird zur Verjagung des Broms eingedampft und die Schwefelsäure mit Chlorbaryum heifs ausgefällt. Dieses Verfahren wird für genaue Schwefelbestimmungen sehr empfohlen[4]). Classen und O. Bauer oxydieren mit Wasserstoffsuperoxyd.

Gintls Methode[5]), welche 1868 veröffentlicht wurde, besteht

---

[1]) Siehe Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1888, S. 608.
[2]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1882, S. 417.
[3]) Siehe Post, Chem.-techn. Analyse I, S. 470.
[4]) Siehe Wedding, Handbuch I, S. 704.
[5]) Siehe Zeitschr. für analyt. Chemie VII, S. 427.

Digitized by Google

darin, dafs das Eisen in Eisenchlorid gelöst wird, wodurch der Schwefel mit dem Kohlenstoff u. s. w. im Rückstande bleibt. Dieser wird mit Salpeter und Ätzkali oder Kaliumkarbonat geschmolzen, die Masse gelöst und die Schwefelsäure mit Chlorbaryum gefällt.

Chr. Meineke[1]) hat 1871 dieses Verfahren dahin geändert, dafs er eine saure Lösung von Kupferchlorid zum Auflösen verwendet, wodurch auch ein vorhandener Kupfergehalt ermittelt werden kann. Das neueste Verfahren von Meineke besteht darin, das Eisen unter Zusatz von Kaliumchlorat in Salzsäure zu lösen, nach Vertreiben des Chlors durch Kochen mit Zink zu reduzieren und dann die Schwefelsäure durch Chlorbaryum zu fällen[2]).

W. Schulte in Bochum[3]) hat 1896 besonders für die Bestimmung von Schwefel im Eisen ein Verfahren angegeben, welches darin besteht, dafs die Probe in verdünnter Salzsäure gelöst, der entwickelte Schwefelwasserstoff in eine Lösung von essigsaurem Kadmium geleitet und das gefällte Schwefelkadmium durch Kupfervitriol in Kupfersulfid umgewandelt wird. Das Kupfersulfid wird im Platinschälchen geglüht und aus dem entstandenen Kupferoxyd der Schwefelgehalt berechnet. Dieses Verfahren hat sich bewährt[4]).

Von den mafsanalytischen Methoden, welche zur Schwefelbestimmung in Vorschlag gebracht worden sind, verdient die 1871 von Elliot[5]) angegebene, von Weil verbesserte Jodprobe den Vorzug.

Weitere Schwefelproben sind in diesem Zeitraum ausgearbeitet worden: von Boussingault (1876 mit Silbernitrat), von Drown und Leop. Schneider (mit Permanganat), Craig (mit Wasserstoffsuperoxyd), Platz (1877, Lösungsprobe mit Salzsäure), Föhr (1866, durch mafsanalytische Bestimmung mit Zinkvitriol), J. Morgan (1886, kolorimetrisch, mit Bleisalz), desgl. J. Parry.

Rollet, Philipps, Compredon und W. Schulte haben nachgewiesen, dafs beim Auflösen von Eisen in Salzsäure ein Teil des Schwefels in anderer Form, nach Philipps als $(CH_3)2S$, entweicht, der von Zink- oder Bleiacetat nicht gefällt ist; dies geschieht aber, wenn man das Gas erst durch eine erhitzte Röhre leitet[6]).

Von besonderer Wichtigkeit ist die Bestimmung des Phosphors

---

[1]) Siehe Zeitschr. für analyt. Chemie 1871, S. 380.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 879.
[3]) Daselbst 1896, S. 865, 1898, S. 326.
[4]) A. a. O. 1898, S. 326.
[5]) Siehe Dinglers polyt. Journ. 1871, 199, S. 391.
[6]) Siehe Stahl und Eisen 1900, S. 486.

Digitized by Google

in diesem Zeitabschnitt geworden und sind hierüber zahlreiche Arbeiten veröffentlicht worden.

Die Sonnenscheinsche Molybdatprobe (s. Bd. IV, S. 793) mit verschiedenen Verbesserungen hat sich immer noch am besten bewährt und zwar für genauere Phosphorbestimmungen nach dem von Finkener angegebenen Verfahren, und als Schnellprobe nach dem von Götz eingeführten Schleuderverfahren.

Für die genaue Phosphorbestimmung hat sich eine Verbindung der Molybdat- mit der Acetatprobe am geeignetsten erwiesen. Hierzu sind aber besondere Vorsichtsmafsregeln erforderlich. Man kann sagen, dafs bis zum Jahre 1878 alle Bestimmungen nach der Molybdatmethode zu niedrige Zahlen ergeben haben. 1878 entdeckte Tamm die Fehlerquelle in unvollständiger Fällung der Phosphorsäure, was er auf die Einwirkung organischer Substanzen zurückführte. Er schlug deshalb, um diese zu zerstören, vor, die Lösung erst einzudampfen und zu glühen. Dies war allerdings eine Verbesserung, der Grund der Ungenauigkeit lag aber weniger in der Einwirkung organischer Substanzen als in der unvollständigen Oxydation des Phosphors, indem sich bei der Lösung in Salpetersäure oder Salpetersalzsäure neben Phosphorsäure phosphorige Säure bildete, welche durch Molybdänsäure nicht mit ausgefällt wurde. Dies wird durch das Eindampfen und Glühen bei 200° C. verhindert. Doch hat man mit Nutzen die Oxydation auch noch durch Zusatz stärkerer Oxydationsmittel befördert.

Statt der umständlichen Bestimmung der Phosphorsäure als Magnesiumphosphat genügt für hüttenmännische Zwecke unter Einhaltung gewisser Vorschriften die Ermittelung als Phosphormolybdat. Nach Finkener[1]), welcher dieses Verfahren zuerst ausgebildet hat, erhält man durch längeres Erhitzen des Phosphormolybdats bei etwa 180° C. eine konstante Verbindung, welche 3,794 Prozent Phosphorsäure oder 1,65 Prozent Phosphor enthält.

Meineke[2]) löst in Salpetersäure unter Zusatz von Chromsäure, um die organischen Substanzen zu oxydieren, und glüht das gefällte Phosphormolybdat bei 400 bis 500° C. Der dunkle Rückstand hat einen konstanten Phosphorgehalt von 1,754. Dieses Meinekesche Verfahren kam auf den Rheinischen Stahlwerken bei Ruhrort in Anwendung.

Die von W. Götz zu Cleveland, Ohio, 1886 angegebene Schleuder-

---

[1]) Bericht der deutsch. chem. Gesellschaft 1878, XI, S. 1638.
[2]) Repert. für analyt. Chemie 1885, V, S. 153, und 1886, VI, S. 325.

Digitized by Google

methode[1]) bestimmt die Phosphorsäure aus dem Volum des durch einen besonderen Apparat stark geschüttelten oder geschleuderten Niederschlages von Phosphormolybdat in einem tarierten Gläschen. Die Volumbestimmung durch starkes Schütteln hatte Eggertz schon 1869 vorgeschlagen. Götz hat die Methode mit Erfolg weiter verfolgt. Wedding hat das Verfahren von Götz in Deutschland eingeführt[2]) und Dr. Braun hat 1880 eine verbesserte Schleudermaschine (Eimercentrifuge) konstruiert und ein Patent darauf genommen. Die Methode ist nach Ukena[3]) gut für Eisen von weniger als 0,12 Prozent Phosphor und höchstens 0,1 Prozent Kohlenstoff, also besonders für weiches Flufseisen. Es wird deshalb besonders auf den Thomaswerken angewendet.

Wdowizewski wendet das Schüttelverfahren auch zur besseren Abscheidung des pyrophosphorsauren Ammonmagnesium - Niederschlages an[4]).

An der Phosphorbestimmung mit Molybdänsäure haben seit 1870 noch besonders gearbeitet Eggertz (1871), E. Richter, Koschelt, Stöckmann, Cairns (1877), Cardwell, J. S. Smith, Mühlenberg, Drown, B. Wright (1881), A. Tamm (1883, 1884), Särnström (1884), Perillon (1884), C. F. Wood (1886), M. A. von Reis (1887), Ukena (1888), Bormann (1889), Blair (1891), Dudley und Pease (1893), Carnot (1893), Emmerton, O. Hertling (1897). Letzterer titriert die Molybdänsäure im Niederschlage mit Kaliumpermanganat.

Der Amerikaner Mahon hat endlich 1898 eine Schnellprobe durch Fällung als Phosphormolybdat mit darauf folgendem Titriren, die nur etwa 8 Minuten Zeit erfordern soll[5]), angegeben. F. Ibbotson und H. Beasly empfehlen neuerdings ein Schnellverfahren, wobei der Phosphor als $PbMoO_4$ gewogen wird[6]).

Für die Magnesiaacetatprobe haben Riley 1878, Troilus 1883 und Blair 1891 Verbesserungen angegeben.

Eine angeblich genauere Bestimmung der Metalloide, besonders von Schwefel und Phosphor, hat neuerdings H. K. Bamber in England vorgeschlagen[7]).

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1887, Nr. 2.

[2]) Sitzung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute am 16. Jan. 1887; Stahl und Eisen 1887, S. 401.

[3]) Siehe Stahl und Eisen 1887, S. 401.

[4]) Daselbst 1897, S. 814.

[5]) Siehe Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1898, S. 565.

[6]) Chem. News 1900, 82, 35; Stahl und Eisen 1900, S. 885.

[7]) Vortrag im Frühlingsmeeting des Iron and Steel Inst., Auszug in der Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1894, S. 358.

Digitized by Google

Die mafsanalytischen Phosphorbestimmungen, welche von Pisani, von der Pfordten, Cheever, M. A. von Reis 1886, C. Reinhardt 1887 und Emmerton 1891 vorgeschlagen wurden, und die auf der Reduktion des Phosphormolybdats durch Zink und Titrieren mit Permanganat beruhen, haben ebensowenig Verbreitung gefunden wie die kolorimetrische Probe von Namias (1890), welche auf der blauen Färbung der Lösung des Phosphormolybdats durch Hyposulfit beruht.

Über die neueren Untersuchungsmethoden für die weniger regelmäfsig auftretenden Beimischungen des Eisens, als Kupfer, Nickel, Kobalt, Chrom, Vanadin, Aluminium, Arsen, Antimon, Zinn, Wolfram und Titan, verweisen wir auf Weddings Handbuch der Eisenhüttenkunde, 2. Auflage, I, S. 717 bis 744. Für die Bestimmung des Nickels im Nickelstahl hat B. Neumann unlängst eine elektrolytische Schnellprobe empfohlen[1]). R. Fieber hat neuerdings eine kolorimetrische Bestimmung in Vorschlag gebracht[2]).

Die technische Gasanalyse, welche ebenfalls eine grofse Bedeutung erlangt hat, ist besonders durch Orsat[3]) und Winkler[4]) so vereinfacht worden, dafs sie von jedem gebildeten Techniker vorgenommen werden kann. Diese haben Apparate konstruiert, in denen die Absorption der Gase vorgenommen und gemessen werden kann. Kohlensäure wird durch Ätzkali, Sauerstoff durch Pyrogallussäure, Kohlenoxydgas durch Kupferchlorürlösung absorbiert. Wasserstoff wird über Palladiumschwamm verbrannt und als Wasser gewogen; der Rest ist Stickstoff. Man zerlegt in dieser Weise ebensowohl die Gase im Eisen, wie die im Hochofen oder die Generator- und Verbrennungsgase.

Die Gase im Eisen können diesem auf verschiedene Weise entzogen werden, entweder durch Aussaugen, wie es Graham zuerst angegeben hat, oder durch Anbohren unter Wasser nach Fr. Müllers Verfahren (1882) oder durch Erhitzen (Parry 1874[5]).

Der Orsatsche Apparat wurde 1878 dadurch verbessert, dafs er noch mit einem Platinrohr zur Verbrennung und Bestimmung von Kohlenwasserstoffen verbunden wurde. Winklers Apparat wurde

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1898, S. 909.

[2]) Siehe Chem.-Ztg. 1900, S. 393.

[3]) M. Orsat, Note sur l'analyses industrielles des gaz; Annales des Mines 1875, VIII, p. 501.

[4]) Siehe Dinglers pol. Journ. 219, S. 420.

[5]) Siehe Archiv für Pharmacie 1874, II, S. 280.

Digitized by Google

1878 von H. Bunte sehr vereinfacht, der ihn durch eine graduierte Gasbürette mit Hähnen oben und unten ersetzte. Alle Absorptionen werden nacheinander in diesem einen Mefsrohre vorgenommen. Die Buntesche Gasbürette hat ihrer Einfachheit und Handlichkeit wegen eine sehr verbreitete Annahme für Gasuntersuchungen gewonnen.

Orsats Apparat wurde weiterhin verbessert von Coquillon (1877), Schwachhöfer (1878), Wiborgh (1887), von Reis (1888), Thörner (1889), Binder, F. Fischer sowie Lunge und Marchlewski[1]) (1891).

Zu Buntes Gasbürette wurden Verbesserungen vorgeschlagen von Raoult (1883), Ferd. Fischer (1886). Hempel bedient sich ebenfalls einer einfachen Gasbürette, fängt aber jede Gasart in einer besonderen Pipette auf[2]). Dadurch gewährt dieses Verfahren grofse Genauigkeit.

Für die Praxis ist es wichtig, dafs die analytischen Bestimmungen der Begleitstoffe des Eisens nach den gleichen Methoden ausgeführt werden; man ist deshalb seit mehreren Jahren bestrebt, eine internationale Vereinbarung hierüber herbeizuführen. Auf dem Kongrefs des internationalen Verbandes für die Materialprüfung der Technik zu Zürich im Jahre 1895 wurde diese Frage erörtert und eine Kommission unter dem Vorsitz von Dr. H. Wedding, Berlin, und Freiherr Jüptner von Jonsdorff, Wien, als erster und zweiter Vorsitzender gewählt, welche sich mit ausländischen Chemikern zu diesem Zweck in Verbindung setzen sollten[3]). Das Unternehmen fand allgemeinen Beifall und Unterstützung aus allen wichtigeren eisenerzeugenden Ländern. Es wurde 1897 die Gründung eines internationalen sidero-chemischen Laboratoriums beschlossen, als dessen Leiter H. Jüptner von Jonsdorff in Aussicht genommen wurde[4]).

Die Zahl der in diesem Zeitabschnitt veröffentlichten Analysen von Eisenerzen, Roheisen, Flufseisen, Schlacken u. s. w. ist eine sehr grofse. Sie finden sich zerstreut in den hüttenmännischen und chemischen Zeitschriften sowie in Ausstellungsberichten, zum Teil gesammelt in den Handbüchern der Eisenhüttenkunde und in Monographieen[5]).

Die chemische Analyse hat für alle Eisensorten, ganz besonders für alle Flufseisensorten, eine eminente Bedeutung erlangt, selbst für

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1891, S. 666.

[2]) Siehe Winkler, Gasanalyse, S. 101; Wedding, Handbuch der Eisenhüttenkunde, I, S. 844.

[3]) Siehe Stahl und Eisen 1896, S. 511; 1897, S. 514.

[4]) Daselbst 1897, S. 789.

[5]) Z. B. Wachler, Vergleichende Qualitätsuntersuchungen von Giefsereiroheisen 1879; Kerpely, Ungarns Eisenstein- und Eisenhüttenerzeugnisse; Ledebur, Das Roheisen etc., 3. Auflage, 1891; Dr. H. Wedding, Handbuch der Eisenhüttenkunde.

Digitized by Google

Fabrikate, bei denen nur mechanische Inanspruchnahme in Frage kommt, wie z. B. bei Eisenbahnschienen. Dr. C. B. Dudley[1]), Chemiker der Pennsylvanischen Eisenbahngesellschaft, wollte der chemischen Analyse 1878 sogar die ausschlaggebende Rolle für die Beurteilung der Qualität der Eisenbahnschienen zuschreiben und stellte hierüber sehr gründliche Untersuchungen an. Wenn er damit auch nicht durchdrang, so sind doch hervorragende Sachverständige, wie C. P. Sandberg[2]), G. F. Snelus[3]) und Andere auf diesen Gedanken eingegangen und haben darin weiter gearbeitet.

Zu einer richtigen Beurteilung der Eisensorten gehört die chemische und die mechanische Probe.

Physik des Eisens seit 1871.

Nicht minder als die Chemie hat sich die Physik des Eisens vertieft und erweitert.

Die Erscheinungen der Wärme stehen mit den chemischen in so enger Beziehung, dafs die Thermochemie[4]) ein gemeinschaftliches Gebiet beider Wissenschaften bildet. Die wichtigen Ergebnisse derselben über den Verbindungszustand des Kohlenstoffs im Eisen haben wir bereits im vorigen Kapitel erwähnt.

Die Grundlage aller thermochemischen Untersuchungen bildet die richtige Wärmemessung und sind deshalb zunächst die bedeutenden Fortschritte auf diesem Gebiete zu verzeichnen.

Neue Kalorimeter, bei welchen die Wärmezunahme einer gewissen Menge Wasser beim Eintauchen des erhitzten Körpers gemessen wird, wurden angegeben von Weinhold 1873, Siemens 1877, Thompson, Fischer 1888, Wilson und Anderen. Doch ist immer noch der ältere von Regnault konstruierte Kalorimeter zu empfehlen,

---

[1]) Vorträge in den Versammlungen des Institute of Mining Engineers: „Die chemische Zusammensetzung und die physikalischen Eigenschaften der Stahlschienen“, Oktober 1878, zu Lake George und „Über die Dauerhaftigkeit der Stahlschienen in Beziehung zu ihrer chemischen Zusammensetzung und den physikalischen Eigenschaften“, 1881 zu Philadelphia.

[2]) C. P. Sandberg, Beitrag zum Februar-Meeting (1883) d. Amer. Inst. of Min. Eng. in Boston.

[3]) G. F. Snelus, Vortrag auf d. Herbst-Meeting d. Iron and Steel Inst. zu Wien. 1883.

[4]) H. Jahn, Die Grundsätze der Thermochemie. — Thomsen, Thermochemische Untersuchungen; Honoré Ponthière, Thermo-chemische Studie über das Raffinieren des Eisens 1897 (Vortrag im Herbst-Meeting des Iron and Steel Institute).

Digitized by Google

wenn die Abkühlung des erhitzten Platincylinders vor dem Eintauchen in das Wasser vermieden werden kann.

Optische Pyrometer, die besonders in Frankreich Eingang gefunden haben, dienen nur zur Betriebskontrolle. Das erste wurde 1881 von A. Crova auf dem Eisenwerk zu Creusot hergestellt, um die Temperaturen in den Martin-Flammöfen zu messen. Das kreisförmige Bild der Öffnung in der Ofenthür wurde auf das Prisma eines Spektropyrometers geworfen. Der Apparat diente nur für hohe Temperaturen über 1000° C. 1888 erfanden Mesuré und Nouel einen einfacheren Apparat, den sie lunette pyrometrique, pyrometrisches Perspektiv, nannten. Dieses Instrument wurde 1892 von Cornu-Le Chatelier verbessert. Die Verbesserung bestand in der Verbindung mit einem Cornuschen Photometer. Rotglut entspricht 525° C., Kirschrot 800° C., Orange 1100° C., Weifs 1300° C., blendend Weifs 1500° C.

Bequem, aber für wissenschaftliche Zwecke bei hohen Temperaturen nicht genügend genau, sind die Pyrometer, welche, wie das alte von Wedgewood, auf der Ausdehnung feuerfester Körper in der Hitze beruhen. Das von Zabel in Quedlinburg (1876) aus Metallstäben zusammengesetzte mifst nur Temperaturen bis zu 520° C., das Graphitpyrometer von Steinle und Hartung (1878) läfst sich für höhere Temperaturen anwenden. Seger hat (1883) eine Skala von Versuchskegeln aus hochschmelzigen Glasurmassen hergestellt, von denen Nr. 26 dem niedrigsten Grade, Nr. 35 dem höchsten Grade der Feuerbeständigkeit von feuerfesten Thonen entspricht. Das Segersche Pyroskop hat auch beim Eisenhüttenwesen Anwendung gefunden.

Genauer sind in gewissen Grenzen Legierungen von Silber, Gold und Platin, deren Schmelzpunkte zu 950° C., 1075° C. und 1775° C. angenommen werden, wie sie von Princep angegeben und von der Scheideanstalt (Dr. H. Röfsler) in Frankfurt hergestellt werden. H. Seger empfahl die Anwendung dieser Legierungen bis zu einer Temperatur von etwa 1200° C. (genauer bis zu einer Legierung von 15 Prozent Platin, welche bei 1180° C. schmilzt).

Von den Pyrometern, welche auf der ungleichen Ausdehnung zweier verschiedener Stoffe bei der Erwärmung beruhen, ist das von Gauntlett am meisten in Anwendung. Es besteht aus drei feuerfesten Hohlcylindern, die in ein Eisenrohr eingeschlossen sind und bei der Erhitzung auf eine Auswechselung drücken, die einen Zeiger, ähnlich wie bei einem Manometer, bewegen.

Viel genauer und für alle wissenschaftlichen Untersuchungen von

grofser Bedeutung sind die Luftpyrometer, welche in den letzten 25 Jahren sehr verbessert worden sind. Doch werden dieselben meist nur bei niedrigeren Temperaturen bis zu 1000° C. (Winderhitzungsapparate usw.) in der Praxis angewendet. Die bekanntesten Luftpyrometer sind die von Hobson (1876), Bradbury, F. Wiske (1881), Friedr. Krupp (1885), Heisch und Tolkard in Brentford (1887, nur für Temperaturen bis zu 540° C.), Wiborgh (1888), Uhling und Steinbart (1894) und das von Walther Dürr und Siegert in München (1894)[1]. Alle diese Pyrometer sind aber nicht verwendbar, um die Temperatur von flüssigen Eisen- oder Stahlmassen zu messen.

Für hohe Temperaturen sind das verbesserte Wiborghsche und das Dürrsche Luftpyrometer geeignet. In letzterem giebt ein Zeiger auf einer Skala von 0° bis 1500°, ähnlich wie bei einem Manometer, die gemessene Temperatur an.

Sehr gut haben sich zum Messen hoher Temperaturen die elektrischen Pyrometer bewährt, die alle auf dem von Siemens zuerst angewendeten Princip, dafs der Leitungswiderstand eines Platindrahtes gegen den elektrischen Strom mit der Temperatur sich verändert, beruhen. Das Siemenssche Pyrometer wurde von F. Braun und von Le Chatelier verbessert. Das Le Chateliersche Pyrometer[2]) besteht aus einem thermoelektrischen Element von Platin-Platinrhodium, welches Temperaturen bis zum Schmelzpunkt des Platins (über 1700° C.) zu messen gestattet. Die Ablesung erfolgt mit Hülfe eines Spiegelgalvanometers. Sowohl das Le Chateliersche wie das Braunsche Pyrometer geben genaue Temperaturangaben und gestatten Wärmefernmessungen. Ein verbessertes Thermoelement für das Le Chatelier-Pyrometer hat W. C. Heräus in Hanau erfunden[3]). In neuerer Zeit hat Professor W. C. Roberts-Austen in London[4]) mit dem Pyrometer einen Selbstregistrierapparat verbunden (Recording-Pyrometer).

Die Schmelztemperatur von weifsem Roheisen, das 4,1 Prozent Kohlenstoff, 0,22 Prozent Silicium, 0,12 Prozent Mangan und 0,02 Proz. Phosphor enthielt, mafs Osmond[5]) zu 1085° C., die von weifsem schwedischem Roheisen mit 4 Prozent Kohlenstoff Le Chatelier zu 1135° C., die von grauem schwedischem Giefsereiroheisen mit 3,5 Proz.

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1894, S. 435.

[2]) Daselbst 1892, S. 894; 1894, S. 434.

[3]) Daselbst 1896, S. 662.

[4]) Daselbst 1893, S. 528.

[5]) F. Osmond, Transformation du fer et du carbone, Paris 1888, p. 24 et 28.

Digitized by Google

Kohlenstoff Le Chatelier zu 1220° C., die von Stahl mit 0,7 Prozent Kohlenstoff Osmond zu 1420° C., die von Flufseisen mit 0,9 Prozent Kohlenstoff Le Chatelier zu 1410° C., die von Eisen mit 0,3 Prozent Kohlenstoff Le Chatelier[1]) zu 1455° C., die von Flufseisen mit 0,1 Prozent Kohlenstoff Le Chatelier zu 1475° C.

Für chemisch reines Eisen, das nach Pouillet bei 1550°, nach Daniell bei 1587° C. schmelzen soll, ermittelte Carnelley 1804° C. Im allgemeinen nimmt man aber den Schmelzpunkt von reinem Eisen niedriger als den von Platin, auf rund 1600° C., an (nach Violle auf 1775° C.).

Hadfield teilte neuerdings folgende, mit dem Le Chatelier-Pyrometer bestimmte Temperaturen mit:

Weifsglut (nicht Schweifshitze)	1240° C.
Helle Gelbglut	1130
Gelbglut	1081
Schwache Gelbglut	971
Helle Rotglut	923
Mittlere Rotglut	795
Blutrotglut	667

Temperatur von Bessemerstahl aus einer 6-Tonnen-Birne:

In der Giefspfanne	1640° C.
in der Gufsform	1580
im Wärmofen	1200
unter dem Dampfhammer	1080
im Martinofen nach dem Einschmelzen	1420
in der Frischperiode	1500
im Hochofen, nahe den Formen beim Betriebe auf Bessemerroheisen	1930

Bei sehr hoher Temperatur verflüchtigt sich Eisen, wie die ihm nahestehenden Metalle Nickel, Kobalt und Mangan; letzteres am leichtesten. Nach Fleitmann soll bei nickelplattiertem Eisen schon in der Schweifshitze Verdampfung wahrnehmbar sein.

Eine wichtige Entdeckung war der Nachweis, dafs die specifische Wärme sich verändert und mit der Temperatur zunimmt. Le Chatelier[2]) wies dies zuerst durch zahlreiche Versuche an Kohlensäure und Wasserdampf nach.

---

[1]) Comptes rendus, Vol. 140, p. 471.
[2]) Annales des Mines 1883, IV.

Digitized by Google

Hieraus ergiebt sich, dafs die früheren Berechnungen der Flammentemperaturen, wobei die specifische Wärme der Gase als konstant angenommen wurde, falsch waren und viel zu hohe Zahlen ergaben, was auch den Erfahrungen entsprach. Während die Flammentemperatur von Gas, welches mit kalter Luft verbrennt, früher zu 2650° C. berechnet wurde, stellt sich dieselbe nach Le Chateliers Formeln nur auf 1700° C.[1]), was mit der Leistung viel besser übereinstimmt.

Nach Messungen mit dem optischen Pyrometer von Cornu-Le Chatelier beträgt die Hitze in einem Ziegelofen nur 1100° C., im Hochofen im Anfang der Schmelzzone 1400° C., in einem Bessemerkonverter während des Blasens 1330° C., gegen Ende des Blasens 1580° C., in einem Stahltiegelschmelzofen 1600° C.

Die specifische Wärme hat A. Weinhold (1875) genauer bestimmt. Danach nimmt das Eisen bei der Erwärmung von 0 bis 300° etwa 35 Wärmeeinheiten, bei der Erhitzung von 0 bis 1000° etwa 160 Wärmeeinheiten auf. Bei 1000° ist die specifische Wärme des Eisens ungefähr doppelt so grofs als bei 0°. Die Zunahme der specifischen Wärme findet nicht gleichmäfsig statt, sondern zeigt Sprünge, die nach Pionchon[2]) besonders um 700° liegen.

Nach Versuchen von Lürmann und Bethge erwies sich das Weltersche Gesetz (s. Bd. IV, S. 231) für den gasförmigen Zustand verbrennender Körper als durchaus richtig, wenn man ihm folgende Fassung giebt: Bei der Verbrennung mit Sauerstoff entwickelt jeder einfache und zusammengesetzte Körper eine Wärmemenge von 33600 W.-E.[3]) (= der Verbrennungswärme von Wasserstoff zu Wasser), dividiert durch das Atomgewicht des Körpers und multipliziert mit der Anzahl der Sauerstoffatome.

Die gewöhnlichsten Verbrennungserscheinungen sind demnach:

$$\mathrm{H} + \mathrm{O} = \frac{33\,600}{1} = 33\,600 \text{ W.-E.}$$

$$\mathrm{C} + \mathrm{O} = \frac{33\,600}{6} = 5\,600 \text{ „}$$

$$\mathrm{C} + 2\,\mathrm{O} = \frac{33\,600}{6} \times 2 = 11\,200 \text{ „}$$

$$\mathrm{CO} + \mathrm{O} = \frac{33\,600}{1} = 2\,400 \text{ „}$$

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1892, S. 893.
[2]) Siehe Compt. rend. 1886, Vol. 102, p. 1454.
[3]) W.-E. = Wärmeeinheiten.

Digitized by Google

Nach Untersuchungen von K. Zulkowski betrug die gemessene Wärmemenge beim Verbrennen von:

H_2	zu	H_2O	=	29 040	W.-E.	
C	„	CO	=	2 473	„	
C	„	CO_2	=	8 080	„	
Si	„	SiO_2	=	7 130	„	
P	„	P_2O_5	=	5 760	„	
Fe	„	Fe_3O_4	=	4 134	„	(nach Andrews)
Mn	„	MnO	=	1 725	„	
Mn	„	Mn_2O_3	=	2 114	„	(nach Thomson)

Die Dulongsche Formel ($Q = 81c + 345\,[h - {}^{o}/_{8}]$), wobei c, h und o die Prozentmengen an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bezeichnen, ist nach D. J. Mendelejeff nur richtig, wenn der Wasserstoff in Gasform vorhanden ist, für den flüssigen und festen Zustand ist die Zahl 345 zu hoch und mufs auf etwa 300 erniedrigt werden [1]).

Über die Ausnutzung oder die Ökonomie der Wärme im Hochofen sind ausführliche Untersuchungen angestellt worden, auf welche wir bei dem Abschnitt über Hochöfen zurückkommen werden. Die Ausnutzung der Wärme ist nur erheblich, wo das Brennmaterial mit dem zu erhitzenden Stoff in Berührung ist, wo das nicht der Fall ist, ist sie nur gering, wie aus folgenden Ergebnissen der Untersuchungen von Gruner [2]) hervorgeht.

Die Wärmeausnutzung betrug in Tiegelschmelzöfen beim

Stahlschmelzen im Zugofen	1,7 Proz.,	mit zugeführter Wärme	3 Proz.
„ „ Flammofen	2,0 „	„ „ „	3 „
„ „ Siemensofen	3,0 bis 3,5 Prozent.		

In Flammöfen beim

Umschmelzen von grauem Roheisen bei unterbroch. Betriebe	4 bis 5 Proz.
„ „ „ „ „ kontinuierl. „	8 „
„ „ „ „ im Siemensofen	20 „

Bei Stahlerzeugung im Siemens-Martinofen	9,5 Proz.
bei gewöhnlichen Eisenschweifsöfen	6 bis 10 „
bei Stahlglühöfen mit sehr langer Herdsohle . . .	15 „ 17 „
beim Bessemern im Konverter	11,5 „

---

[1]) Siehe Chemiker-Ztg. 1897, S. 328.

[2]) Gruner, Die Ausnutzung der Wärme bei Hüttenprozessen; Annales des Mines, 7. Ser., t. 8, l. 4, d. 1875, p. 173. Hierüber haben weiter Arbeiten geliefert: Jordan, Kuppelwieser, Åkerman, Kraus.

Digitized by Google

beim Schmelzen in **Schachtöfen** in Prozenten:

	durch eigene Verbrennung	mit zugeführter Wärme
Ältere Kupolöfen . . .	18,8	29,2
Neuere Kupolöfen . . .	48,8	65,5
Eisenhochöfen	24 bis 40 bis 50	70 bis 80

Über die Anwendung der Thermochemie auf metallurgische Reaktionen hielt A. Pourcel 1889 bei der Frühjahrsversammlung des Iron and Steel Institute einen Vortrag[1]).

Dafs die chemische Verwandtschaft der einfachen Stoffe von der Temperatur abhängig und bei verschiedenen Temperaturen verschieden ist, war eine längst bekannte Thatsache, und beruhen hierauf viele metallurgische Prozesse. Insbesondere verändert sich die Intensität der Verwandtschaft zum Sauerstoff mit der Temperatur. Wasserstoff hat eine grofse Verwandtschaft zu Sauerstoff und verbrennt innerhalb gewisser Temperaturgrenzen mit Energie zu Wasser. Hohe Temperatur hebt diese Verwandtschaft auf und tritt nach den pyrometrischen Untersuchungen von V. Meyer (1885) schon bei 1200° C. Dissociation oder Trennung von Wasserstoff und Sauerstoff ein. Kohlensäure zerfällt bei 1300° C. teilweise nach der Formel $CO_2 = CO + O$, während umgekehrt Kohlenoxydgas bei 1700° C. in Kohlensäure und Kohlenstoff zerfällt nach der Formel $2\,CO = CO_2 + C$. Die Verwandtschaft des Eisens zum Sauerstoff ist bei verschiedenen Temperaturen verschieden, was sich bei der Reduktion der Eisenerze geltend macht, wie wir weiter unten beim Hochofenprozefs sehen werden.

Auch die Verwandtschaft des Eisens zu den übrigen einfachen Stoffen wechselt mit der Temperatur und nimmt bei manchen mit steigender Wärme wenigstens innerhalb gewisser Grenzen zu, so z. B. beim Phosphor. Dafs sie zu Kohlenstoff, Silicium, Schwefel und Eisen bei verschiedenen Temperaturen verschieden ist, wufste man längst. Lowthian Bell[2]) hat dies durch Analysen bestätigt. Er fand, dafs bei den analogen Prozessen des Feinens und des Bessemerns die relative Abscheidung der genannten Elemente ganz verschieden ist.

Im Vergleich zu dem ursprünglichen Zustande wurden abgeschieden:

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1889, S. 712; vergl. auch Jahn, Grundsätze der Thermochemie.

[2]) Siehe Iron 1877, March, p. 390; Dinglers Polyt. Journ. 225, S. 264, 351.

Digitized by Google

	Silicium Prozent	Kohlenstoff Prozent	Schwefel Prozent	Phosphor Prozent
Beim Feinen, also bei niedriger Temperatur . .	90	10	30	50
Beim Bessemern, also bei hoher Temperatur . .	77 bis 99	bis 99	10 bis 16 Proz. Zuwachs, je nach der Dauer d. Blasens	

Bei Versuchen im grofsen mit einer ganzen Bessemercharge ergab sich, dafs der Phosphorgehalt des Roheisens von 1,47 Prozent beim Bessemern auf 1,69 Prozent gestiegen war, beim Feinen war er auf 0,84 Prozent und beim Feinen und Puddeln auf 0,27 Prozent gefallen.

Bell schreibt der Erzeugungstemperatur einen so grofsen Einflufs zu, dafs er 1872 einmal die Ansicht aussprach, die Unterschiede der Roheisensorten seien mehr aus der Erzeugungstemperatur, als aus dem Kohlenstoffgehalt herzuleiten. Letzterer ist hauptsächlich von der Erzeugungstemperatur bedingt und A. Schmidt stellte (1889) den Satz auf, jeder Erzeugungstemperatur entspreche ein mit dieser wachsender Sättigungspunkt.

Die Härtung des heifsen Stahles durch Abkühlung, diese merkwürdige, dem Stahl eigentümliche und für ihn charakteristische Erscheinung, die für dessen Verwendung von so grofser Wichtigkeit ist, war, wie im höchsten Altertum, so bis in die neuere Zeit, ein nur auf Erfahrung begründetes Verfahren. Durch die Fortschritte in der Chemie des Eisens, durch die richtigere Erkenntnis der Kohlenstoffverbindungen des Eisens und ihres Verhaltens bei verschiedenen Temperaturen, durch die Thermo- und Mikrochemie ist man dem theoretischen Verständnis näher gekommen. Hierzu haben besonders die Arbeiten von F. Abel, F. Osmond, A. Ledebur, F. C. G. Müller, Howe und Arnold beigetragen. Die Umwandlungen von Karbidkohle in Härtungskohle bei höherer Temperatur und rascher Abkühlung spielt dabei die Hauptrolle. Georges Charpy[1]) stellte 1895 Untersuchungen über die Stahlhärtung an und kam zu folgendem Ergebnis:

Bei Erhitzung über 700° C., oder bei langsamer Abkühlung des über 800° C. erhitzten Stahls finden dreierlei Umformungen statt, die durch die rasche Abkühlung oder Härtung gestört werden. Diese Umwandlungen sind 1. die Umwandlung der Karbidkohle in Härtungskohle, oder umgekehrt, 2. eine Umwandlung der krystallinischen Be-

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1895, S. 459 und 745.

Digitized by Google

schaffenheit, die durch das Erscheinen oder Verschwinden einer geraden Linie im Schaubilde der Festigkeitsprüfung sich kennzeichnet, und 3. eine zweite Änderung der krystallinischen Beschaffenheit, welche teils durch eine Wärmeentwickelung, teils durch eine Änderung des magnetischen Verhaltens zur Erscheinung kommt.

Bei weichem Stahl vollziehen sich diese Umwandlungen bei verschiedenen Temperaturen, bei hartem Stahl von über 0,4 Prozent Kohlenstoff fallen sie in derselben Temperatur zusammen. Die Temperaturen sind eng begrenzt, werden aber durch fremde Beimengungen des Stahls verändert. Bei Stahlsorten, die nicht mehr als 1 Prozent fremde Beimengungen enthalten, liegen diese Grenzen zwischen 700 bis 750, höchstens bis 800° C., so dafs unter 700° C. keine Härtung mehr erfolgt, und Erhitzung über 750, höchstens 800° C., nichts mehr nützt, sondern eher schadet. Beim Wiedererhitzen des gehärteten Stahls vollziehen sich die Umformungen rückwärts bei erheblich niedrigeren Temperaturen.

Eine merkwürdige Erscheinung, der in neuerer Zeit gröfsere Aufmerksamkeit geschenkt wurde, ist die Wanderungsfähigkeit gewisser Stoffe im Eisen bei mäfsig hoher Temperatur.

Dafs Kohlenstoff im Eisen wandert, ist eine Erfahrung bei der Cementierung des Eisens und von Mannesmann und Royston noch im besonderen nachgewiesen. Campbell[1]) hat zuerst gezeigt, dafs Eisenoxysulfür durch ein Eisenstück hindurchwandern kann, auf der Aufsenfläche sich wiederfindet, ohne an das Eisen Schwefel abgegeben zu haben. Fleitmann hat schon vor längerer Zeit nachgewiesen, dafs Nickel in Eisen einwandert, wenn es nur bei Rotglut längere Zeit mit demselben in Berührung bleibt. J. O. Arnold und A. Mc.William[2]) haben neuerdings weitere Versuche über diese Erscheinung gemacht.

Die Optik des Eisens hat die wichtigsten Fortschritte in der mikroskopischen Untersuchung des Kleingefüges des Eisens gemacht. Dieses von Sorby 1864 angeregte Verfahren hat hervorragendes Interesse erweckt und ist demselben in den letzten 30 Jahren ein grofser Aufwand von Zeit, Arbeit und Scharfsinn gewidmet worden. Die grofsen Hoffnungen, die man auf dasselbe gesetzt hatte, indem man annahm, darin ein der chemischen Analyse gleichwertiges und dieselbe vielfach ersetzendes Mittel zur Unterscheidung der Eisensorten gefunden zu haben, sind bis jetzt nicht ganz in Erfüllung gegangen;

[1]) Journ. of the Iron and Steel Inst. 1897, II, S. 80.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 617.

Digitized by Google

trotzdem sind die erzielten Resultate sehr beachtenswert und läfst sich hoffen, dafs dasselbe mit der Zeit auch für die Praxis ein wertvolles Hülfsmittel werden wird.

Um die mikroskopische Untersuchung des Kleingefüges des Eisens haben sich aufser Sorby in hervorragender Weise A. Martens, H. Wedding, F. Osmond, F. L. Garrison und H. M. Howe verdient gemacht. Unter der grofsen Zahl, die sonst noch auf diesem Gebiete gearbeitet haben, nennen wir Kerpely, Roberts-Austen, Dolliak, Arnold, S. Stein, Kuppelwieser, Ledebur, v. Jüptner, Kreuzpointner, A. Sauveur u. s. w.

Der Holländer van Ruth arbeitete schon 1871 bis 1873 ein Verfahren, um genaue Abdrücke des Kleingefüges des Eisens dadurch herzustellen, dafs er eine geglättete Schnittfläche mit Salzsäure ätzte und diese dann abdruckte, aus. Dieses Verfahren verfolgte A. von Kerpely weiter. 1878 machte er[1]) ein von ihm erfundenes Verfahren von Selbstdrucken geätzter Bruchflächen bekannt. Derselbe hatte schon vorher (1876 und 1877) Mikrophotographieen[2]) von ungeätzten Bruchflächen mittels eines Hartnackschen Mikroskops mit 1500facher Vergröfserung und eigens eingerichteter Camera obscura hergestellt. Kerpely empfahl ferner die Herstellung von Warmbruchproben, wofür er sich, um die gleichen Temperaturen und Anlauffarben zu erhalten, eines Bleibades bediente[3]). Er gab an, aus diesen Proben die Güte eines Stahles beurteilen zu können. Trotzdem hat dies Verfahren keinen Anklang gefunden.

In Deutschland nahm A. Martens[4]), angeregt durch den Hinweis des Hüttenmeisters Schott, in seiner „Kunstgiefserei" 1873 die mikroskopische Untersuchung des Kleingefüges des Eisens auf. Er veröffentlichte 1878 die Ergebnisse seiner auf Grund der Sorbyschen Vorschläge (1865) angestellten mikroskopischen Untersuchungen geätzter ebener Schliffe von Eisen[5]).

A. Martens benutzte ebenfalls bei seinen Untersuchungen die bei niedriger Temperatur hervorgerufenen Anlauffarben als ein Mittel

---

[1]) A. Ritter von Kerpely, Über Eisenbahnschienen, mit 18 Naturselbstdrucktafeln. Leipzig 1878.

[2]) Zusammengestellt in der Preisschrift über die ungarischen Eisenhüttenerzeugnisse. Wien 1878.

[3]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1878, S. 405.

[4]) Vorsteher der Kgl. mechanisch-technischen Versuchsanstalt in der technischen Hochschule zu Charlottenburg.

[5]) Siehe Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure 1878, S. 13, 205 und 481; 1879, S. 22 und 482; 1880, S. 398.

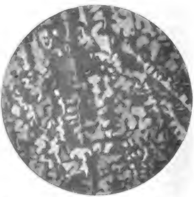
Digitized by Google

zur besseren Unterscheidung der geschliffenen und geätzten Flächen. Zur Wiedergabe des mikroskopischen Bildes bediente er sich eines Zeichenprismas, mit dessen Hülfe er dasselbe auf Papier übertrug und kolorierte. Zur Beobachtung gröfserer Bruchstücke hatte Martens ein besonderes Mikroskop[1]) konstruiert. O. Dolliak[2]) machte 1883 in Österreich mikroskopische Untersuchungen über die zur Waffentechnik verwendeten Metalle. Während Sorby (1883) in allen Eisensorten bereits sieben Bestandteile unterschied, nahm H. Wedding (1885) nur drei an: Graphit, Homogen- und Krystalleisen.

H. Wedding legte auf die photographische Wiedergabe des mikroskopischen Bildes den gröfsten Wert und hat sich um die Mikro-

Fig. 128.

Fig. 129.



Photographie, welcher er vor dem graphischen Verfahren den Vorzug gab, Verdienste erworben.

Osmond und Werth[3]) fanden (1885) eine zellige Struktur des Gufsstahls, wobei nach ihrer Annahme der Kern der Zelle von reinem Eisen, die Wandungen von Eisenkarbid gebildet sind.

Wedding[4]) zeigte 1886, dafs der Unterschied des Kleingefüges von Holzkohlen- und Koksroheisen (Fig. 128, 129) bei fast gleicher chemischer Zusammensetzung sehr bedeutend ist. Dasselbe wies Lynwood Garrison bei zwei Hartgufsrädern nach. Dieser hält indes das Mikroskop mehr für eine Beihülfe für die Prüfungsmaschine als für eine Rivalin dieser und der chemischen Analyse bei Eisenuntersuchungen.

[1]) Siehe Dinglers polyt. Journ., Bd. 245, S. 372.
[2]) Siehe Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1883, S. 548.
[3]) Siehe Compt. rendus 1885, t. 100, p. 450.
[4]) Siehe Stahl und Eisen 1887, S. 393.

Digitized by Google

Indem wir das Wichtigste der umfangreichen Litteratur unten zusammenstellen, müssen wir uns damit begnügen, einen kurzen Überblick der Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchungen des Kleingefüges des Eisens zu geben.

Litteratur über Kleingefüge und Mikrochemie des Eisens.

Sorby, Journ. of the Iron and Steel Institute; Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1865, S. 352; Iron XX (1883), p. 355; XXVII, p. 458; XXX, p. 27; Stahl und Eisen 1888, S. 90.

Kerpely, Über Eisenbahnschienen, Leipzig 1878; Preisschrift über die ungarischen Eisenerze und Eisenerzeugnisse, Wien 1878; Ungar. Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1877, 1878; Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1878, S. 405.

Martens, A., Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1878, S. 11; 1879, S. 482; 1880, S. 397; Sitzungsbericht d. Ver. z. Beförderung d. Gewerbefleifses 1882, S. 233; Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1883, S. 548; 1884, S. 234; 1885, S. 255; 1886, S. 32, 223; Stahl und Eisen 1886, S. 10, 509; 1887, S. 235; 1888, S. 738; 1892, S. 672; Glasers Annalen 1880, S. 119.

Wedding, H., Mitteilungen aus den kgl. techn. Versuchsanstalten 1888, Ergänzungsheft I, S. 6; Stahl u. Eisen, April 1889; Das Kleingefüge des Eisens 1891; Neuer Apparat Stahl u. Eisen 1894, S. 857.

Osmond, F., et J. Werth, Compt. rend. 1884, Vol. C, p. 450; Transformations du fer et du carbone etc., Stahl und Eisen 1888, S. 364.

Lynwood Garrison, F., 1885, Transact. Am. Inst. of Mining Engin., Vol. XIV, p. 64.

Dudley, G. H., Journ. of New-York Microsc. Soc. Oktober 1891.

Abel, Fr., Engineering XXXIX, p. 150; Stahl und Eisen 1886, S. 373.

Müller, Fr. C. G., Stahl und Eisen 1888, S. 291; Ibd. 1894, S. 849.

Neuhaufs, Dr. Rich., Lehrbuch der Mikrophotographie 1890.

Ledebur, A., Stahl und Eisen 1891, S. 294.

Arnold, J. O., und A. A. Read, The chemical relations of carbon and iron. Journ. of Chem Soc. August 1894.

Osmond, F., On the critical points of Iron and Steel, Journ. of the Iron and Steel Instit. 1890, Vol. I; Méthode générale pour l'analyse micrographique des aciers au carbone, Soc. d'Encourag. de l'Indust. Nation. Paris, Mai 1895.

Martens, A., Mikroskopie der Metalle. Stahl und Eisen 1894, S. 759; 1895, S. 537; Mikroskopisches Gefüge von Flufseisen in gegossenen Blöcken, in den Mitteil. a. d. kgl. techn. Versuchsstationen 1893, S. 274.

Howe, H. M., The Physics of Steel, Transact. Am. Inst. Min. Engin. 1894; Heat Treatment of Steel in demselben, Mai 1895.

Sauveur, Albert, Die Mikrostruktur des Stahls und die konkurrenten Härtungsmethoden; Transact. Amer. Min. Engin., September 1896, deutsch von H. von Jüptner; Österr. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen, März 1898.

Behrens, Das mikroskopische Gefüge der Metalle und Legierungen.

Jüptner von Johnsdorf, Hans von, Die Kohlenstoffformen im Eisen. Stuttgart 1896.

Mylius, Förster und Schöne, Das Karbid des geglühten Stahls. Zeitschr. für unorgan. Chemie XIII, S. 30.

Le Chatelier, H., L'état actuel des théories de la trempe de l'acier. Revue générale des sciences 1897, S. 11.

Howe, Henry M., Evidence for the allotropic theorie. The Engineering and Mining Journ. 1896, S. 557; 1897, S. 111.

Ledebur, A., Kohlenformen und Stahlhärtung. Stahl und Eisen 1897, S. 436.

Digitized by Google

Osmond, F., Die Metallographie als Untersuchungsmethode. Stahl und Eisen 1897, S. 904.

Jüptner, H. von, Beiträge zur Lösungstheorie von Eisen und Stahl. Stahl und Eisen 1898, S. 506, 552, 616, 1039, und 1900, S. 878.

Reports of the Alloys Research Committee.

Stead, J. E., Das krystallinische Gefüge von Eisen und Stahl, 1898.

Jüptner, H. von, Zusammenhang der chemischen Zusammensetzung und des mikroskopischen Gefüges mit den physikalischen Eigenschaften von Eisen und Stahl. Stahl und Eisen 1899, S. 237, 278.

The Metallographist.

Ridsdale, C. H., Praktische mikroskopische Analyse, 1899.

Heyn, E., Einiges über das Kleingefüge des Eisens. Stahl und Eisen 1899, S. 709, 768; Die Theorie der Eisen- und Kohlenstofflegierungen nach Osmond und Roberts-Austen (5. Bericht des Alloys Research Committee). Stahl und Eisen 1900, S. 625.

Osmond, F., What is the inferior limit of the critical point A², deutsch von H. Kampe. Stahl und Eisen 1900, S. 968.

Heyn, C., Eisen und Wasserstoff. Stahl und Eisen 1900, S. 837.

Babu, L., La fabrication et le travail des aciers speciaux. St. Etienne 1900.

Die mikroskopische Untersuchung verlangt die Herstellung eines ebenen Schnittes, welcher geschliffen und poliert wird. Das von Sorby eingeführte „Reliefpolieren“ wurde durch Osmond, Martens und Wedding verbessert[1]). Läfst sich die Fläche spiegelblank polieren, so kann man diese unter sehr starker, 400- bis 500facher Vergröfserung direkt untersuchen. In der Regel werden aber die polierten Flächen schwach geätzt. Statt dessen kann man sie auch anlaufen lassen oder man kann Ätzen und Anlaufenlassen verbinden. Bei nur geätzten Flächen vergröfsert man nicht über das 50fache, bei geätzten und angelaufenen nicht über das 35fache.

F. Osmond hat 1895 Ätzen und Färben der Schliffflächen vorgeschlagen. Er schleift die Flächen mit selbstbereitetem feinem Schmirgelpapier und poliert mit Polierrot. Hierauf ätzt er die Flächen mit einem Gemisch von Süfsholzextrakt und Wiener Kalk (Kalksulfat). Hierbei werden Ferrit und Cementit gelb gefärbt. Eine deutlichere Färbung und Trennung dieser erhält man durch Färben mit Jodtinktur.

Für die Untersuchung des mikroskopischen Bildes ist es von Wichtigkeit, dafs die reflektierten Lichtstrahlen senkrecht auf die Linse, also parallel zur optischen Achse des Mikroskops einfallen. Das mikroskopische Bild der Eisenschliffe zeigt aufser den scharfen schwarzen Linien des Graphits helle und dunkle Partieen von verschiedenartiger Menge, Verteilung und Gruppierung.

In der Unterscheidung dieser gehen die Ansichten der Beobachter auseinander.

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 709.

Digitized by Google

Nach H. Wedding[1]) ist jedes kohlenstoffhaltige Eisen ein porphyrartiges Gemisch von mindestens zwei Bestandteilen, deren einer anscheinend auskrystallisiert und von einer nicht oder anders krystallisierten Grundmasse eingeschlossen ist; ersteren nennt er Krystalleisen, letzteren Homogeneisen. Fig. 130 zeigt das Kleingefüge von grauem Roheisen (nach Wedding), um die schwarzen Graphitlinien ist das dunkle Krystalleisen gruppiert, dessen Zwischenräume von Homogeneisen ausgefüllt sind. Weifses Roheisen (Fig. 131) zeigt nur Krystall- und Homogeneisen. A. Ledebur unterschied diese beiden Eisensorten als Grundmasse und Eisenkarbid. Er folgte darin

Fig. 130.

Fig. 131.

zum Teil Osmond, der nach seiner Zellentheorie Körner von reinem Eisen und dieses umschliefsendes Eisenkarbid unterschied. Auch Müller und Abel bezeichneten das Homogeneisen als Eisenkarbid.

Während nun die Vorgenannten sich mit zwei Gemengteilen begnügten, gingen Sorby, Howe und andere viel weiter und unterschieden sieben und mehr Bestandteile, nämlich Ferrit, Cementit, Perlit, Hardenit, Sorbit, Graphit und Schlacke, aufserdem noch einen unbestimmten Rückstand in der Lösung der sechs erstgenannten. Die fünf ersten bilden die Gefügeelemente des Eisens. Von diesen schien Sorbit, der vermutlich als Silicium- oder Titanstickstoff in kleinen rubinfarbigen oder dunkelroten Krystallen nur zuweilen auftrat, ein zufälliger Gemengteil zu sein. Hardenit war nur in gehärtetem Stahl vorhanden und wurde für die durch rasches Abkühlen erstarrte Mutterlauge derselben angesehen. Ferrit erschien als nahezu reines

[1]) Siehe Handbuch der Eisenhüttenkunde, 2. Aufl., I, S. 126.

Digitized by Google

Eisen und entsprach Weddings Krystalleisen und Osmonds Kerneisen, doch sollte es nach Howe ein Netzwerk bilden, das Perlit umschlofs. Cementit wurde als ein hartes Eisen mit Karbidkohle bezeichnet und entsprach Weddings Homogeneisen. Perlit sollte

Fig. 132.

Fig. 133.

Fig 134.

Fig. 135.

eine Mischung von zwei Drittel Ferrit und ein Drittel Cementit sein, die in allen Stahlsorten auftritt und bei mäfsig hartem Stahl oft die ganze Masse ausmacht. Da sich der Perlit bei starker Vergröfserung als ein Gemenge der beiden Vorgenannten erwies, so blieben genau genommen für weiches Material nur die zwei Komponenten Ferrit und Cementit übrig.

Martens unterschied im Spiegeleisen zwei durch ihre Krystall-

Digitized by Google

form verschiedene Bestandteile, wovon der eine nach dem rhombischen, der andere nach dem quadratischen System krystallisierte. Er hielt das erstere für Viertelkarburet (Fe_4C), das andere für kohlenstofffreies Eisen.

Stets wird das Kleingefüge in vielfacher Weise beeinflufst sowohl durch mechanische Einmengungen, wie Schlacken und Gasblasen, als durch chemische Bestandteile, wie Mangan, Silicium, Schwefel, Aluminium, Arsen, Phosphor u. s. w., was besonders Professor Arnold 1894 nachgewiesen hat. Dagegen verneint Kreuzpointner die vielfach angenommene Gefügsänderung durch mechanische Einwirkungen.

Nachfolgende Figuren zeigen charakteristische mikroskopische Bilder des Kleingefüges der wichtigsten Eisensorten (nach Wedding):

Fig. 136.

Fig. 130 (S. 381) graphitisches Roheisen, Fig. 131 weifses Roheisen, Fig. 132 gefeintes Eisen, Fig. 133 Spiegeleisen, Fig. 134 Tiegelgufsstahl, Fig. 135 Flufseisen von 0,12 Prozent Kohlenstoff, Fig. 136 sehniges Schweifseisen mit viel Schlacken.

In der Weiterentwickelung der mikroskopischen Analyse des Stahls kam auch F. Osmond dazu, eine gröfsere Anzahl bestimmter Bestandteile im Stahl anzunehmen[1]). Er unterschied:

1. Ferrit (nach Howe) als nahezu reines Eisen, das beim Polieren matt bleibt und keine Färbung annimmt.

2. Cementit nach (Howe), eine Kohlenstoffeisenverbindung, die dem Drittelkarburet von Karsten und dem Karbid von Abel, Müller und anderen entspricht. Sie hat die Zusammensetzung Fe^3C und erscheint im Cementstahl in gröfseren Lamellen, die sich leicht isolieren lassen.

3. Sorbit entspricht dem Perlit von M. Howe. Osmond gab dieser kohlenstoffhaltigen Verbindung den Namen, weil Sorby ihn als perlartigen Bestandteil (pearly constituent) bezeichnete und zwar deshalb, weil er bei schief einfallendem Licht Perlmutterglanz zeigt. Dies rührt

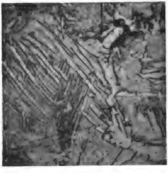
[1]) Bullet. d. l. Société d'Encourag. 1895, Maiheft.

Digitized by Google

aber daher, weil er aus geschichteten Lamellen von Härtungskohle (Martensit) und Cementit (Karbid) besteht.

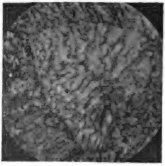
4. Martensit (Howes Hardenit), der Hauptbestandteil des gehärteten Stahls, bildet kleine, harte Krystalle einer Lösung von

Fig. 137.
Vergr. = 1240.



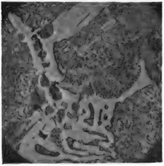
Martensit.
Die Nadeln schneiden sich parallel den drei Seiten eines Dreiecks. Weiches Schienenmaterial, abgeschreckt bei 900°. Ätzung mit Salzsäure in Alkohol $^{1}/_{300}$.

Fig. 138.
Vergr. = 1240.



Körniger Perlit.
Entnommen aus einem geschmiedeten Quadrateisen von Tiegelstahl mit 0,92 Prozent C. Die ganze Masse bestand aus Perlit.

Fig. 139.
Vergr. = 270.



Thomasroheisen, 108 Stunden in Holzkohle geglüht.
Reliefpoliert Cementit in Relief gegen Perlit.

Kohlenstoff in Eisen. Er besteht nur in hoher Temperatur (740 bis 825° C.) und ist keine bestimmte Verbindung von Eisen und Kohle.

5. Troostit, der bei mittelhartem Eisen als Zwischenlagerung zwischen Martensit und Ferrit auftritt, der anläuft und sich färbt und eine Übergangsform bildet. Er erscheint zumeist an den Rändern des Martensit.

Die Figuren[1]) 128 bis 139 sollen dazu dienen, eine Vorstellung von der charakteristischen Verschiedenheit der wichtigsten der angeführten Bestandteile zu geben.

[1]) E. Heyn, Charlottenburg, Einiges über das Kleingefüge des Eisens, Taf. XVI, Fig. 8, 10, 19. Dabei ist zu bemerken, dafs Fig. 137, 138 in 1240facher Vergröfserung, Fig. 139 nur in 270facher Vergröfserung aufgenommen ist.

Digitized by Google

Fig. 137 ist der in Nadeln anschiefsende Martensit.

Fig. 138 ist der in runden verschwommeneren Linien erscheinende Perlit (Troostit), und

Fig. 139 zeigt Cementit (Karbid) im Relief gegen Perlit.

Die Entstehung des Kleingefüges des Eisens und dessen Wiedergabe mit Hülfe des Mikroskops trug dazu bei, den Schleier von dem geheimnisvollen Wesen des Eisens und seinen vielfältigen Eigenschaften etwas zu lüften. Doch nur unter Mithülfe von Chemie und Physik konnte diese Aufgabe gelöst werden. Es entstand eine ganz neue Wissenschaft, die allzu beschränkt als „Metallographie" bezeichnet wird [1]), deren Aufgabe darin besteht, das Kleingefüge, dessen Entstehung, Veränderung und Ursachen und weiterhin das innerste Wesen der Metalle zu erforschen. Die Thermochemie ist hierfür das wichtigste Hülfsmittel.

Man erkannte es immer deutlicher, dafs die Eisensorten des Handels als Lösungen und Legierungen aufzufassen seien, deren Verständnis deshalb von gröfster Wichtigkeit sei. Zur Förderung desselben setzte das Iron and Steel Institute in England eine besondere Abordnung — das Alloys Research Committee — ein, welches bereits eine Reihe wichtiger Berichte veröffentlicht hat. Aber nicht nur in England, sondern in Frankreich, Deutschland, Österreich, den Vereinigten Staaten und in Rufsland beteiligten sich hervorragende Gelehrte an diesen Arbeiten. Es ist nicht möglich, diese Untersuchungen im einzelnen zu besprechen. Sie haben bereits viele Aufschlüsse gegeben, zugleich aber auch gezeigt, wie schwierig und verwickelt die Erscheinungen sind. Deshalb sind die Ergebnisse für die Praxis bis jetzt erst gering. Unzweifelhaft hat aber diese Wissenschaft eine wichtige Bedeutung für die Zukunft und wird, wenn sie erst noch weiter ausgebaut sein wird, auch für die Technik von Nutzen werden.

Um die Ergebnisse der Untersuchungen der letzten Jahre, etwa seit 1895, zu verstehen und in gedrängter Kürze vorzuführen, fafst man am besten mit H. von Jüptner die Eisensorten als Lösungen von Kohlenstoff in Eisen auf [2]). Die Löslichkeit des Kohlenstoffs in Eisen wächst mit der Temperatur. Sie beträgt:

bei	3500° C.	40,00	Prozent	(nach Moissan)
„	ca. 1200° C.	4,63	„	(nach Percy)
„	1050° C.	1,50	„	(nach Royston)
„	700° C.	0,90	„	(nach Arnold)

[1]) In England erscheint hierfür eine besondere Zeitschrift „The Metallographist".

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1898, S. 506 etc.

Digitized by Google

Dies gilt für reines Eisen. Fremde Beimengungen ändern die Lösungsfähigkeit; Mangan und Chrom erhöhen sie, Silicium und Schwefel vermindern sie. Man bereitet die reinen Eisenkohlenstoffverbindungen aus elektrolytisch gefälltem Eisen.

Die Temperaturen, die über dem Schmelzpunkte des Eisens liegen, kommen für die Praxis vorläufig nicht in Betracht. Roheisen, dessen Erzeugungstemperatur beträchtlich höher liegt als seine Erstarrungstemperatur, scheidet in der Nähe dieser sowohl schon etwas oberhalb als noch etwas unterhalb derselben Kohle in Form von Graphit aus, wodurch graues Roheisen entsteht. Da dieser Erstarrungspunkt nur etwa 100° C. über 1050° C, liegt, bei welcher Temperatur das Maximum der im Eisen gelösten Kohlenstoffmenge 1,5 Prozent beträgt, so kann man annehmen, dafs von dem Kohlenstoffgehalt des völlig gesättigten Roheisens (4,63 Prozent) die Differenz (also 3,13 Prozent) als Graphit ausgeschieden wird. Bei dem Roheisen kommt ein weiterer Haltepunkt bei der Abkühlung nicht in Betracht. Anders ist es bei dem Stahl. Hier treten bei den Abkühlungen verschiedene Erscheinungen ein, je nach dem Kohlenstoffgehalt und dem raschen oder langsamen Kühlen. Auch bei dem Stahl nimmt man an, dafs in ihm in flüssigem Zustande der ganze Kohlenstoff gelöst ist.

Bei raschem Abkühlen, dem Ablöschen oder Härten des Stahls bleibt dieser Zustand mehr oder weniger fixiert.

Man nahm früher an, dafs die ganze Masse des gehärteten Stahls aus Martensit bestehe, Osmond fand aber neuerdings neben diesem harten Körper, der mikroskopisch deutlich erkennbar ist, dessen Kohlenstoffgehalt aber in ziemlich weiten Grenzen schwankt, noch eine zweite, dunkle, weiche Substanz von hohem Kohlenstoffgehalt, der er den Namen Austensit gab. Den harten Martensit bezeichnet Osmond nach seiner allotropischen Theorie als γ-Eisen, während Arnold darin eine chemische Verbindung $Fe_{24}C$ sieht.

Ganz anders verhalten sich Stahl und Eisen bei langsamer Abkühlung. Die Wärmeabnahme ist keine gleichmäfsige, sondern es treten gewisse Haltepunkte (kritische Punkte Osmonds) ein, indem durch Wärmeentwickelung infolge eines inneren Vorganges Verzögerungen der Abkühlung eintreten. Diese werden hervorgerufen durch eigenartige Vorgänge, wie sie bei Lösungen und Legierungen vorkommen.

Es giebt gewisse Gleichgewichtszustände zwischen dem lösenden und dem gelösten Körper, sowie zwischen den Bestandteilen einer Legierung, die in bestimmten Temperaturgrenzen eine gröfsere Stabi-

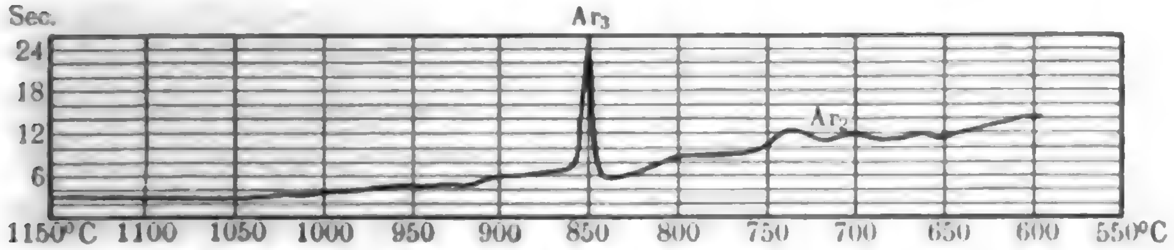
Digitized by Google

lität haben als in Mischungen, die diesem Verhältnisse nicht entsprechen. Man kann diese „eutektischen" Legierungen nicht als chemische Verbindungen ansehen und doch zeigen sie eine Verwandtschaft mit solchen.

Die eigentümlichen Erscheinungen, welche Stahl und Eisen bei langsamem Erkalten zeigen, lassen sich am besten aus diesen Analogien erklären. Dabei ist das Merkwürdige, dafs diese Veränderungen, die offenbar durch molekulare Umlagerungen bedingt sind, in erstarrten Körpern, allerdings nur bei hohen Temperaturen, vor sich gehen.

Diese Veränderungen sind nicht leicht zu verstehen und sie sind durch die genaueren Untersuchungen in den letzten Jahren nicht verständlicher, sondern verwickelter geworden. Früher kannte man nur einen „kritischen Punkt", der bei etwa 750° C. auftrat, jetzt unterscheidet man bereits mindestens drei solcher kritischen oder Haltepunkte, die bei verschiedenen Eisensorten keineswegs gleich sind. Durch die wichtige Erfindung eines selbstregistrierenden Pyrometers, der die Erhitzungs- und Abkühlungskurven (Rekalescenskurven) graphisch darzustellen im stande ist, haben diese Beobachtungen sehr an Deutlichkeit und Zuverlässigkeit gewonnen. Diese Registrierung der Wärmelinien mit ihren Unregelmäfsigkeiten ist noch bestimmter geworden, seitdem Roberts Austen dieselbe nicht mehr direkt, sondern in Verbindung mit der Wärmelinie eines auf die gleichen Temperaturgrade erwärmten Platinstabes aufzeichnet. Wie verschieden das Bild dieser Thermokurven ist, zeigen Fig. 140 und Fig. 141, von

Fig. 140.



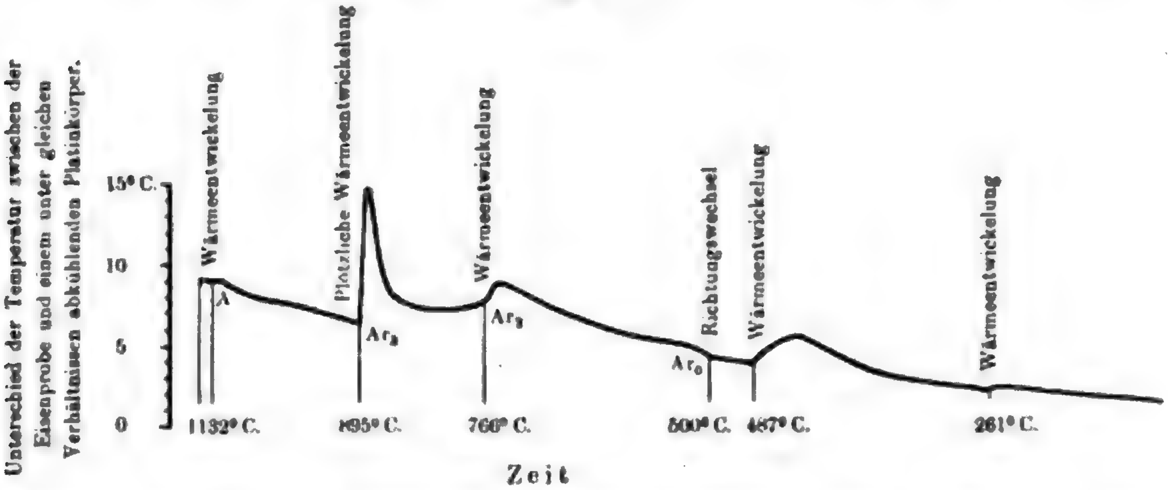
denen erstere die ältere Aufzeichnung Osmonds eines sehr reinen elektrolytisch erzeugten Eisens, letztere die neuere Aufzeichnung Roberts Austens eines ebensolchen Eisens darstellt. Die Kurven und Haltepunkte sind verschieden bei verschiedenem Kohlenstoffgehalt. Auch der Wasserstoffgehalt hat einen Einflufs auf das mehr oder weniger deutliche Hervortreten einzelner Haltepunkte, wobei die bei den niedrigeren Temperaturen von 261° und 487° C. in Fig. 141 dargestellten erscheinen.

Nach der früheren Erklärung zerfällt Martensit bei langsamer

Digitized by Google

Abkühlung zuerst in Ferrit und Cementit (Karbid). Ferrit bildet deutliche Ausscheidungen in dem kohlenstoffreichen Cementit. Bei weiterer Abkühlung erscheint bei einem gewissen Wärmegrade Perlit, der unter dem Mikroskop eine andere Gestaltung und Perlmutterglanz zeigt und als die eutektische Legierung von Ferrit und Cementit gilt. Bei einem Stahl von 0,8 Prozent Kohlenstoff soll die Ausscheidung von Ferrit bei 760° C., die Perlitbildung bei 680° C. ein-

Fig. 141.



treten. Nach den neuesten Untersuchungen von Osmond und Roberts Austen[1]) zeigt eine Eisen-Kohlenstofflegierung von 0,8 Prozent Kohlenstoffgehalt nur einen Haltepunkt, während die Legierungen mit höherem Kohlenstoffgehalt und die zwischen 0,8 und 0,35 Prozent Kohlenstoffgehalt zwei Haltepunkte (bei 720° und 675°), die Legierungen unter 0,35 Prozent Kohle aber drei Haltepunkte (bei 850°, 750°, 675°) zeigen.

Aus der Thermokurve von Roberts Austen ergiebt sich, dafs schon weit unter 700° C. Unregelmäfsigkeiten und Haltepunkte bei der Abkühlung und Erhitzung eintreten. Die Vorgänge, welche diese Wärmeerscheinungen bedingen, scheinen sich nicht plötzlich, sondern allmählich zu vollziehen. Infolgedessen spricht man neuerdings lieber von Zonen als von Haltepunkten.

Aus dem Mitgeteilten ergiebt sich, dafs diese Untersuchungen, so wichtig und interessant sie sein mögen, noch weit von einem klaren Ziele entfernt sind. Dafs aber diese kritischen Punkte, ganz besonders der Hauptpunkt (A^2 oder Ar^2), bei etwa 750° C. von grofser praktischer Bedeutung sind, beweist nicht nur die Erfahrung der Schmiede mit der gefürchteten „Blauhitze“, sondern auch die physikalischen Untersuchungen über Festigkeit, Magnetismus und Elektricität. Die magne-

[1]) Nach dem fünften Berichte an das Alloys Research Committee von Roberts Austen; Stahl und Eisen 1900, S. 625.

Digitized by Google

tischen Eigenschaften des Stahles in Glühhitze haben besonders Professor Curie[1]), seine Frau und Dr. Morris näher untersucht. Bei dem Haltepunkte A^2 (750°) hört der Stahl auf magnetisch zu sein oder nach Osmonds Theorie ist das β-Eisen nicht magnetisch. Bei 850° C. treten deutliche Veränderungen des Gesetzes vom elektrischen Widerstande ein. E. Heyn[2]) beobachtete, dafs zwischen den Grenzen 730° und 1000° C. eine stärkere Absorption von Wasserstoff eintritt.

Jüptner von Jonsdorff, der schon die „Siderographie" als ein selbständiges Untersuchungsgebiet ansieht, wies auf den grofsen Einflufs der Beimengungen auf die mikroskopische Struktur des Eisens hin[3]).

Neuerdings sind auch, namentlich von französischen Gelehrten (Osmond, L. Dumas, Babu u. a.), die Wärmekurven der Specialstahle, Mangan-, Nickel- und Chromstahl u. s. w. genauer untersucht worden[4]).

Die wichtigste physikalische Eigenschaft des Eisens für die praktische Verwendung ist seine Festigkeit. Durch den Wettkampf zwischen Stahl und Eisen, zwischen Flufseisen und Schweifseisen und seit 1879 zwischen Thomas- und Bessemereisen haben die Festigkeitsproben eine aufserordentliche Bedeutung und Ausbildung gewonnen.

Während früher genaue Festigkeitsbestimmungen nur ausnahmsweise vorgenommen wurden, bilden sie jetzt die Regel, und nicht nur besitzt jedes Walzwerk seine Festigkeitsprüfungsmaschine, sondern es sind auch grofse öffentliche Prüfungsstationen und Versuchsanstalten von Staats wegen gegründet worden, um allen Bedürfnissen für Festigkeitsermittelungen dienen zu können.

Die Prüfung des Eisens erfolgt auf Druck, Zug, Biegung und Zerknickung, Abscherung und Drehung. Dadurch ermittelt man die Festigkeit, Zähigkeit (Bildsamkeit, Dehnbarkeit), Härte und Elastizität desselben. Aufserdem unterscheidet man aber noch Ganz- und Teilprobe, Kalt- und Warmprobe, Langsam- oder Dauerprobe und Schnellprobe, wozu namentlich die Schlagprobe gehört. Für die besondere Verwendung und Bearbeitung des Eisens sind ferner erforderlich: Schmiede-, Stauch-, Loch-, Faltungs-, Schweifs-, Härteproben u. s. w.

Die Veranlassung zu genaueren Festigkeitsuntersuchungen gab der Wettbewerb des Bessemerstahles mit dem Schweifseisen und Stahl

---

[1]) Siehe dessen Thèse, 1896.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1900, S. 837.

[3]) A. a. O. 1899, S. 237.

[4]) L. Babu, La fabrication et le travail des aciers spéciaux. St. Etienne 1900; siehe Stahl und Eisen 1900, S. 1126.

Digitized by Google

im Eisenbahnbau, besonders für Schienen. Kirkaldy (1862) in England, Wöhler (1870) in Deutschland und Knut Styffe (1870) in Schweden waren es vornehmlich, die auf die Wichtigkeit der Festigkeitsproben hinwiesen und solche systematisch ausführten. Wöhlers Versuche, die im Auftrage der preufsischen Staatsregierung ausgeführt worden waren, erlangten besondere Wichtigkeit. Auf Grund derselben schrieben sowohl die preufsische Staatsregierung wie der Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen Festigkeitsbedingungen bei Lieferungen vor. Am 14. Oktober 1871 regte der preufsische Handelsminister Graf von Itzenplitz die Feststellung von Normalien für die Eisenbahnwagen an, wodurch eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Fabriken und eine Herabminderung der Erzeugungskosten erzielt werden sollten.

Wöhler, der nach dem Kriege von 1870 Direktor der Reichseisenbahnen in Strafsburg wurde, hatte sich für seine Versuche einer von ihm selbst erdachten, vortrefflichen Prüfungsmaschine [1]) bedient. Solcher Festigkeitsmaschinen wurde dann in den darauffolgenden 25 Jahren eine grofse Zahl erfunden. Wir erwähnen solche von Fairbanks, Richle Brothers in Philadelphia (1872), Tangye Brothers in Birmingham (1875), H. Gollner, Werder, Pfaff, A. Martens, Adamson, Wickstead, Delaloë, Pohlmeyer (1881), Whitworth, L. Weber und Bauschinger (1882), Stummer, Maillard, Chauvin und Maria Daubel, Föppl, Emery, Mohr, Federhaff und M. Rudeloff (1891). Von diesen sind die von Werder und Emery wohl die verbreitetsten. Die von Werder hat ein Hebeldruckwerk und ist einfacher und bequemer, die von Emery arbeitet mit hydraulischem Druck und ist genauer [2]). Ebenso sind die dazu gehörigen Feinmefsinstrumente sehr vervollkommnet worden. Hier sind zu nennen: das Thermometer von Jenny, der Mefsapparat von Henning, die Spiegelapparate von Bauschinger und A. Martens und die selbstaufzeichnenden Dehnungsmesser von Mohr (Mohr und Federhaff) und Wickstead.

Wöhler hatte auch auf das Bedürfnis nach Errichtung von Prüfungsstationen hingewiesen. Diesen Gedanken hatte H. Wedding schon 1867 angeregt und seitdem weiter verfolgt. Seine Anregung trug wesentlich dazu bei, dafs staatliche Prüfungsstationen für Preufsen, und zwar eine chemisch-technische in Verbindung mit der Bergakademie unter seiner Leitung und eine mechanisch-technische im

---

[1]) Siehe Erbkann, Zeitschrift für Bauwesen 1870, S. 87.

[2]) Näheres siehe Wedding, Handbuch etc. I, S. 493.

Digitized by Google

Anschlufs an die Gewerbeakademie errichtet wurden. Dieselben wurden 1880 eröffnet. Später ging die mechanisch-technische Prüfungsanstalt an die technische Hochschule in Charlottenburg über und wurde unter A. Martens Leitung sehr erweitert. In Paris bestand eine solche Material-Prüfungsstation in Verbindung mit der École des Ponts et Chaussées schon seit 1843. Weitere Prüfungsstationen wurden errichtet in München 1871 unter Bauschinger und eine Anstalt zur Prüfung der Baumaterialien am eidgenössischen Polytechnikum zu Zürich unter L. Tetmayer 1874, ferner in Prag 1877, in London 1878, in Budapest 1882, in Boston, U. S., 1883 u. s. w.[1]).

Eine wichtige Anregung hatte ferner 1878 eine Denkschrift von Bauschinger, Funk und Hartwig für den Verband deutscher Architekten- und Ingenieurvereine über die Errichtung von Prüfungsanstalten und Versuchsstationen für Baumaterialien gegeben.

Wöhler hatte bei seinen Zerreifsversuchen die Bruchfestigkeit und die dabei stattfindende Kontraktion in Prozenten des ursprünglichen Querschnittes gemessen. Er schlug vor, aus der Summe dieser beiden Ermittelungen eine Güteziffer für das untersuchte Eisen zu bilden. Diesen Vorschlag nahm der Verband deutscher Eisenbahnverwaltungen in seiner Versammlung in Konstanz 1876 an und machte dadurch die Zerreifsfestigkeit zum ausschliefslichen Mafsstab der Güte. Hierin lag eine grofse Einseitigkeit, wogegen sich bald Widerspruch erhob. Übrigens war die Ansicht, dafs die Zerreifsfestigkeit ein ausreichendes Mafs der Güte sei, damals allgemein verbreitet, wie aus den Versuchen von F. B. Steevens über die Festigkeit englischer und amerikanischer Stahlsorten in den Jahren 1872 und 1873 und den Versuchen der Gesellschaft John Cockerill zu Seraing 1875 hervorgeht. Letztere hatte auf Grund dieser Versuche folgende Einteilung für Eisen und Stahl getroffen:

1. Körniges und sehniges Eisen. Verwendung: körniges Eisen zu Eisenbahnschienen, sehniges zu Handelseisen, Blech, Waffen und dergleichen. Kohlenstoffgehalt unter 0,10 Prozent. Zugfestigkeit 30 bis 40 kg pro Quadratmillimeter, für körniges Eisen 40 kg, für reine Sehne 37,5 bis 40 kg.
2. Feinkorneisen. Verwendung zu Schienen, Bandagen, Blech, Geschützrohren, Draht, Kabel, Achsen, Schmiedestücken. Kohlenstoffgehalt 0,10 bis 0,50 Prozent, Festigkeit 40 bis 45 kg pro Quadratmillimeter; schweifsbar, wenig härtbar.

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1891, S. 821.

Digitized by Google

3. Stahlartiges Eisen. Verwendung zu Schienen, Werkzeugen, Sägeblättern, Kabel u. s. w. Kohlenstoffgehalt 0,40 bis 0,60 Prozent, Festigkeit 45 bis 60 kg pro Quadratmillimeter.
4. Bessemer-Flufsstahl.
   a) Extra weicher. Verwendung zu Waffen, Kanonen, Feinblechen, Kesselblechen, Nieten u. s. w. Kohlenstoffgehalt 0,25 bis 0,35 Prozent, Festigkeit 48 bis 56 kg pro Quadratmillimeter; schweifsbar, nicht härtbar.
   b) Weicher Flufsstahl. Verwendung zu Maschinenstahl, Achsen, Schienen u. s. w. Kohlenstoffgehalt 0,35 bis 0,45 Prozent.
   c) Halbharter (halbweicher) Stahl. Verwendung zu Bandagen, Schienen, Pumpenkolben, Gleitstücken u. s. w. Kohlenstoffgehalt 0,45 bis 0,55 Prozent, Festigkeit 56 bis 69 kg pro Quadratmillimeter; härtbar, wenig schweifsbar.
   d) Harter Stahl. Verwendung zu Federn, Schneidwerkzeugen, Feilen, Sägeblättern, Gesteinsbohrern. Kohlenstoffgehalt 0,55 bis 0,65 Prozent.
   e) Sehr harter Stahl. Verwendung zu feinen Federn, besseren Werkzeugen, Spulen u. s. w. Kohlenstoffgehalt 0,65 Prozent und mehr, Festigkeit 69 bis 105 kg pro Quadratmillimeter; härtbar, nicht schweifsbar.

Bei dem gleichen Kohlenstoffgehalt von 0,45 Prozent zeigte

	Zugfestigkeit kg	Ausdehnung nach dem Zerreifsen Prozent
Sehniges Eisen (Schweifseisen)	40	15
Stahlartiges Eisen (Puddelstahl)	48	7,5
Bessemerstahl	70	12,5

Der Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen beschlofs auf Grund der früheren und neueren Untersuchungen Wöhlers im Jahre 1877 folgende Klassifikation:

A. Bessemer-, Martin- und Gufsstahl als Konstruktionsmaterial:
   I. Qualität: a) hart, Zerreifsfestigkeit mindestens 65 kg, b) mittel, 55 kg, c) weich, 45 kg pro Quadratmillimeter.
   II. Qualität: a) härter, Zerreifsfestigkeit mindestens 55 kg, b) weicher, 45 kg pro Quadratmillimeter.

B. Stabeisen (Schweifseisen):
   I. Qualität: 38 kg pro Quadratmillimeter.
   II. Qualität: 35 „ „ „

Digitized by Google

C. Eisenblech:

I. Qualität: in der Walzrichtung 36 kg, quer der Walzrichtung 32 kg pro Quadratmillimeter.

II. Qualität: in der Walzrichtung 33 kg, quer der Walzrichtung 30 kg pro Quadratmillimeter.

Inzwischen waren auch deutsche Eisenproduzenten der von Jahr zu Jahr wichtiger werdenden Festigkeitsfrage nähergetreten. Auf Anregung des Direktors Zervaes von der Friedrich-Wilhelmshütte zu Mühlheim a. d. Ruhr vereinigten sich 1877 die grofsen Eisenwerke in Rheinland und Westfalen, um zunächst die inländischen und ausländischen Giefsereiroheisen einer vergleichenden Prüfung zu unterziehen. Der damalige Handelsminister Achenbach nahm lebhaftes Interesse an dieser Frage. Es wurde eine Kommission aus Eisenindustriellen und Professor Dr. H. Wedding erwählt, welche Hütteninspektor Wachler mit der Untersuchung beauftragte. Diese erwies die Ebenbürtigkeit des deutschen Giefsereieisens mit den besten ausländischen Sorten und trug dadurch viel zur Verwendung inländischen Roheisens und zur Hebung der Giefsereiroheisenerzeugung in Deutschland bei. Die Kommission gab dem Wunsche für Errichtung öffentlicher Prüfungsanstalten zum erstenmal öffentlichen Ausdruck. Die Generalversammlung des technischen Vereins für Eisenhüttenwesen im Jahre 1877 schlofs sich diesem Wunsche an, machte aber gleichzeitig Front gegen die einseitigen Festigkeitsvorschriften der Eisenbahnverwaltungen. Ein richtiges Urteil über die Brauchbarkeit des Eisens könne nach ihrer Ansicht nur gefällt werden, wenn neben der Zerreifsprobe auch Belastungs-, Bieg- und Schlagproben vorgenommen würden. Die Versammlung verwarf deshalb auch die von Reuleaux empfohlenen Güteziffern Wöhlers, erwählte aber eine Kommission zur weiteren Prüfung der Festigkeitsvorschriften.

Die deutschen Eisenbahnverwaltungen nahmen dagegen die Güteziffern Wöhlers an, und solche wurden seit 1878 öfters den Verdingungen zu Grunde gelegt.

Dafs die Güteziffer Wöhlers, welche aus der Summe des Zerreifsgewichtes und der prozentalen Querschnittsverminderung beim Zerreifsen besteht, kein richtiges Urteil über die Brauchbarkeit des Eisens gewährt, ist einleuchtend, denn ein sehr hartes Eisen, das kaum schmiedbar ist, kann die gleiche Güteziffer haben wie ein weiches, aber sehr zähes Eisen. Aus diesem Grunde schlug Tetmayer später vor, die Güteziffer statt aus der Summe aus dem Produkte

Digitized by Google

der beiden Zahlen zu bilden und dabei statt der Querschnittsverminderung die Ausdehnung beim Zerreifsen in Ansatz zu bringen. Dabei kam die Zähigkeit gegenüber der Härte allerdings mehr zur Geltung als bei Wöhler, doch geben auch diese Ziffern kein ausreichendes Mafs für die Brauchbarkeit des Materials. Viel klarer ist es, beide Werte nebeneinander anzugeben, und da beide doch erst ermittelt werden müssen, um die Güteziffer zu bilden, so ist dies auch das Natürliche.

In Frankreich schlug Gruner deshalb 1877 vor, dafs die Produzenten ihr Eisen mit einem doppelten Festigkeitsstempel versehen sollten, R (résistance in Kilogramm pro Quadratmillimeter) = Zugfestigkeit und A (allongement) Verlängerung eines 200 mm langen Stabes in Prozenten. R = 30 bis 35 kg, A = 20 bis 25 Prozent würde beispielsweise einem guten Kesselblech, R = 70 bis 100 kg, A = 5 Prozent einem Werkzeugstahl entsprechen. Auch die deutschen Eisenhüttenleute sprachen sich dafür aus, die Verlängerung und nicht die Querschnittsverringerung zum Mafs der Zähigkeit zu machen. Trotzdem beharrte der Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen auf seinem Standpunkte, erklärte in seiner Versammlung zu Salzburg 1879 die Wöhlerschen Festigkeitsvorschriften für mafsgebend und vereinbarte für Eisenlieferungen für Bahnzwecke folgende Werte:

Für Achsen aus Flufsstahl sollte die Zerreifsfestigkeit (F) von cylindrischen Stäben von 240 mm Länge und 20 mm Durchmesser 50 kg auf den Quadratmillimeter und die geringste zulässige Kontraktion (C) 30 Prozent betragen.

Für Radreifen für Lokomotiven mindestens F = 60 kg, C = 25 Proz.
" " " Tenderwagen " F = 45 kg, C = 35 Proz.
Die Güteziffer F + C sollte aber mindestens = 90 sein.

Für Schienen mindestens F = 50 kg, C = 20 Proz., die Güteziffer aber nicht unter 85.

Gegen diese einseitigen und harten Festigkeitsbedingungen wehrten sich die deutschen Eisenhüttenleute mit Recht und ihr Verein stellte 1881 folgende Qualitätsproben [1]) fest:

I. Proben mit ungeteilten Gebrauchsstücken.
   a) Kaltproben: 1. Äufsere Besichtigung, 2. Klopf-, 3. Schlag-, 4. Bruch-, 5. Belastungsprobe.
   b) Warmprobe.

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1881, S. 1, Gutachten der Revisionskommission der Klassifikation für Eisen und Stahl; 1882, S. 81, Vortrag von Wedding über Klassifikationsbedingungen von Eisen und Stahl.

Digitized by Google

II. Proben mit abgetrennten Stücken.

a) Kaltproben: 1. Bieg-, 2. Loch-, 3. Bruch-, 4. Zerreifsprobe.

b) Warmproben: 1. Bieg-, 2. Loch-, 3. Ausbreite-, 4. Schweifsprobe.

Für die Zerreifsproben sollten Stäbe von 200 mm Länge und 20 mm Durchmesser genommen werden.

Der Kampf zwischen den Eisenproduzenten und Konsumenten spann sich noch jahrelang fort. Doch kam man allmählich, besonders auch nachdem das Thomasflufseisen mit in den Wettbewerb trat, davon ab, der Zerreifsfestigkeit und Härte einen so hohen Werth beizulegen im Verhältnis zu der Zähigkeit. Namentlich verschafften die fleifsigen Untersuchungen von Dudley die Überzeugung, dafs weiches, zähes Material für viele Verwendungen dem harten vorzuziehen sei[1]). In diesem Sinne erfolgte nach und nach eine Verständigung auch in Deutschland, wobei man sich dahin einigte, neben dem Zerreifsgewichte die prozentuale Kontraktion und Verlängerung anzugeben.

1886 vereinbarten der Verband deutscher Architekten- und Ingenieurvereine in Verbindung mit dem Verein deutscher Ingenieure und dem Verein deutscher Eisenhüttenleute Normalbedingungen für die Lieferung von Eisen für Brücken- und Hochbauten[2]).

Die Schlagprobe wurde für alle Eisensorten, die auch auf Stofs in Anspruch genommen wurden, ebenfalls vorgeschrieben und Bauschinger konstruierte hierfür ein Normalschlagwerk.

Bauschinger[3]) gebührt aufserdem das grofse Verdienst, die Einführung einheitlicher Prüfungsverfahren angeregt und zu diesem Zwecke 1884 die erste Konferenz zu deren Vereinbarung für Bau- und Konstruktionsmaterialien in München zusammenberufen zu haben. Diese Konferenzen nahmen allmählich einen internationalen Charakter an und wurden von Vertretern aus Österreich, Ungarn, der Schweiz, Rufsland und seit 1892 auch von Frankreich und Schweden besucht. Die vierte internationale Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden fand am 24. und 25. Mai 1893 in Wien statt.

In Frankreich wurde 1892 eine ständige Prüfungskommission als eine Abteilung im Ministerium ins Leben gerufen. Diese nahm die Tetmayersche Güteziffer gleich dem Produkt aus Zugfestigkeit und Dehnung unter dem Namen capacité de travail (deutsch: Arbeitsziffer,

---

[1]) Vergl. Snelus, Über die chemische Zusammensetzung und Prüfung von Stahlschienen. Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1882, S. 399.

[2]) Stahl und Eisen 1881, S. 330.

[3]) Bauschinger † am 25. November 1893. Nekrolog siehe Stahl und Eisen 1893, S. 1105.

Digitized by Google

englisch: resilience) als Vergleichungszahl für die Festigkeitseigenschaften der Eisensorten an.

Über die Lieferungsbedingungen sind zwar internationale Vereinbarungen noch nicht erreicht worden, doch wurden in den einzelnen Ländern Normalien festgesetzt. In Deutschland erfolgten 1889 die Vorschriften für Lieferung von Eisen und Stahl (Eisenbahnmaterial, Bauwerkeisen, Bleche, Handelseisen, Draht, Gufseisen) von dem Verein deutscher Eisenhüttenleute [1]), 1890 das Reglement des deutschen Lloyds, 1892 die Normalbedingungen der Flufseisenkommission des Vereins deutscher Eisenhüttenleute und in demselben Jahre die von den drei grofsen technischen Vereinen Deutschlands, dem oben genannten Verein, dem Verband deutscher Architekten- und Ingenieurvereine und dem Verein deutscher Ingenieure vereinbarten verbesserten Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau [2]). In demselben Jahre wurden in Österreich „grundsätzliche Bestimmungen für die Lieferung und Aufstellung eiserner Brücken in der vom K. K. Handelsministerium genehmigten Fassung“ veröffentlicht [3]). Durch diese wurde nur das Martinflufseisen zum Brückenbau zugelassen, ferner wurde ein Unterschied in der Festigkeit der Längs- und Querrichtung gemacht.

In den Bedingungen der drei deutschen Vereine über die Güte der Materialien wurde festgesetzt:

	Festigkeit kg pro qmm	Dehnung Prozent
Für Flufseisen in der Längsrichtung	37 bis 44	20
„ „ „ „ Querrichtung	36 „ 45	17
„ „ für Niete und Schrauben . . .	36 „ 42	22
„ Flufsstahl	45 „ 60	mindestens 10
„ Stahlformgufs	45 „ 60	8 bis 10

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika verlangte man 1893:

	Festigkeit kg pro qmm	Dehnung Prozent
Für Flufseisen zu Schiffswellen	40,7	28
„ „ „ Pleueln und Kolbenstangen	45,7	25
„ „ „ Panzerplatten	45,75	12
„ Nickelstahl zu Schiffswellen	59,75	23

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1889, S. 350.
[2]) Daselbst 1892, S. 935.
[3]) Daselbst 1893, S. 238.

Digitized by Google

Neuerdings wurden in den Vereinigten Staaten von Nordamerika Normalvorschriften, Probestücke und Prüfungsmethoden für Eisen und Stahl[1]) angenommen und dem internationalen Kongrefs für die Methoden der Materialprüfung zur Annahme empfohlen. Diese Vorschriften gehen sehr ins Einzelne und setzen auch Grenzen für die chemische Zusammensetzung fest. Hiergegen erhob R. A. Hadfield Einsprache.

Es ist nicht möglich, auf die zahlreichen Untersuchungen zur Ermittelung der Festigkeitsziffern besonderer Eisensorten, welche in den letzten 25 Jahren angestellt worden sind, hier einzugehen. Aufser den bereits angeführten erwähnen wir nur noch die über Thomasstahl von Witkowitz von Kuppelwieser 1881, die von schwedischen Flufsstahlplatten im Jern. Kont. Annal. 1881 veröffentlichten, die 1884 von Stumm in Neunkirchen veranlafsten und von Bauschinger ausgeführten, die von H. Wild in Peine und von Kreutzpointner in Amerika 1887 mit Thomasstahlblech und von James Riley und Parker in Glasgow in demselben Jahre mit Herdflufsstahlblech angestellten, sowie endlich die gründliche Prüfung des Flufseisenmaterials der Fordoner Brücke von Mehrtens[2]).

Bei den vielen Festigkeitsuntersuchungen waren manche andere neue Wahrnehmungen gemacht worden. Schon 1873 hatte Bauschinger gefunden, dafs durch die Inanspruchnahme bis zum Zerreifsen eine Erhöhung der Zugfestigkeit eintritt. Ein Stück Flacheisen, das beim ersten Zug bei 32000 kg zerrifs, hielt beim zweiten Versuch 44000 kg aus. Hier wirkt der starke Zug ähnlich wie die mechanische Bearbeitung. Professor Thurston bestätigte dies durch Versuche, dagegen fand er auch, dafs Draht bei andauernder Belastung, welche erheblich unter der Bruchbelastung blieb, zerrifs. Bauschinger veröffentlichte 1886 weitere Versuche über die Veränderung der Elastizitätsgrenze bei längerer Belastung.

Wichtige Versuche wurden über die Festigkeit des Eisens bei verschiedenen Temperaturen angestellt. Dafs im allgemeinen die Festigkeit mit der Erhitzung abnimmt, war allgemein bekannt, dafs dies aber nicht regelmäfsig geschieht, hatten Versuche von G. Pisati und Saporito-Ricca 1877 erwiesen. Valtons Versuche auf den Demidoffschen Hütten hatten um dieselbe Zeit bewiesen, dafs die gröfsere Brüchigkeit bei beginnender Rotglut, bei sogenannter

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1900, S. 974, 1017.
[2]) Daselbst 1892, Nr. 13 und 1893, Nr. 7.

Digitized by Google

Blauhitze, der Temperatur, bei der die Bleche blau anlaufen, eintritt, was namentlich den Kesselschmieden schon längst bekannt war, auf einer allgemeinen Thatsache beruht.

Alle schmiedbaren Eisensorten zeigen bei einer gewissen, zwischen 300 und 400° C. gelegenen Temperatur einen Zustand gröfserer Sprödigkeit, die man als Blaubrüchigkeit bezeichnet. Die Blauwärme ist also eine weitere kritische Temperatur, die bei der Bearbeitung des Eisens berücksichtigt werden mufs[1]). Eingehende Versuche über die Festigkeit der Eisensorten bei verschiedenen Temperaturen stellte Dr. Jul. Kollmann 1880 auf der Gutehoffnungshütte bei Oberhausen an[2]). Danach ist die Festigkeitsabnahme bis 100° nur unwesentlich, bis 350° ist sie gering, von da an vermindert sich die Festigkeit rasch, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

Temperatur Grad C.	Zerreifsgewicht in kg pro qmm		
	bei sehnigem Eisen	Feinkorneisen	Bessemerflufseisen
0	37,5	40	59
100	37,3	40	59
200	35,6	39,9	58,9
300	34,7	38,7	55,5
350	32	37,1	47,5
400	27,4	34	32,2
500	14,4	17,5	20
600	7	12	15
800	4	6,9	7,9
1000	1,5	2,9	4

Versuche über Festigkeit von Kesselblechen in Blauwärme stellte A. Kurzwernhart[3]) an. Er fand die gröfste Sprödigkeit bei der blafsgelben Anlauffarbe.

Viele Eisensorten zeigen eine merkliche Zunahme der Festigkeit zwischen 0 und 300°, namentlich zwischen 200 und 300°, wie Versuche von Huston, Walrand und C. Martens[4]) bewiesen haben.

Le Chatelier[5]) fand (1891) zwischen 15 und 80° eine Abnahme der Festigkeit um 6 bis 9,3 Prozent, bei 100 bis 240° Verringerung der Dehnbarkeit um 7 bis 9 Prozent bei Eisen und 3 bis 7 Prozent

[1]) Siehe Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen XX, S. 21.

[2]) Siehe Verhandl. des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleifses 1880, zweites Heft.

[3]) Siehe Stahl und Eisen 1896, S. 849.

[4]) Mitteilungen d. Kgl. techn. Versuchsanstalten 1890, Heft IV; Stahl und Eisen 1890, S. 843.

[5]) Comptes rendus, t. CIX.

Digitized by Google

bei Stahl bei unverminderter Festigkeit, 240 bis 300° beträchtliche Steigerung der Festigkeit und Dehnbarkeit, über 300° Abnahme beider.

Über den Einflufs niedriger Temperaturen machte J. Webster 1880 zwischen + 10 und — 21° C. Versuche. Danach ist die Abnahme der absoluten Festigkeit nur gering, die Abnahme der Stofsfestigkeit und Biegsamkeit beträgt dagegen bei — 21° C. bei Eisen 3,0 und 18 Prozent, bei Stahl 3,5 und 17 Prozent. — Nach Versuchen von Martens und Steiner[1]) ist die Festigkeit des Eisens in der Kälte (bei — 20 und — 50°) bei ruhiger Belastung sogar gröfser als bei warmer Witterung. Über die Zunahme der Steifigkeit in niedriger Temperatur haben Köpcke und Hartig[2]) Versuche angestellt.

Ausglühen erhöht ähnlich wie die mechanische Bearbeitung die Festigkeit des Eisens und Stahls, wenn auch nicht in demselben Mafse[3]). Dies zeigt sich deutlich beim Glühen von unbearbeitetem Flufseisen in Kirschrotglut[4]). Hiervon macht man bei der Herstellung von Formgufsstücken Gebrauch, welche erst hierdurch ihre volle Brauchbarkeit erlangen. Durch andauernde Bearbeitung nimmt die Zerreifsfestigkeit zu, die Zähigkeit ab, das Eisen wird hart und spröde. Ausglühen stellt den ursprünglichen Festigkeitszustand wieder her, verbessert ihn sogar unter Umständen[5]), doch mufs dies in gewissen Temperaturgrenzen geschehen. Erwärmung unter 400° bei Schweifseisen und unter 450° bei Flufseisen bleibt nach Versuchen von Bauschinger ohne Wirkung.

Dafs das Ablöschen von erhitztem Stahl in Wasser dessen Festigkeitseigenschaften verändert, ihn hart und spröde macht, ist eine seit undenklicher Zeit bekannte Thatsache. Hierfür hat C. Fromme[6]) 1879 Werthe ermittelt. Genaue Messungen Kirkaldys haben ergeben, dafs auch beim weichsten Eisen durch das Ablöschen eine Änderung der Festigkeitseigenschaften eintritt, welche in ihrer Gröfse mit dem Kohlenstoffgehalte wächst[7]). Dafs auch hierbei der Grad der Er-

---

[1]) Zeitschr. d. Österreich. Ingen.- u. Architekten-Vereins 1891, Nr. 8 u. 10.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1892, S. 196 und 220.

[3]) Tunner, Österreich. Zeischr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1877, S. 425.

[4]) Siehe Iron 1880, XVI, p. 487; ferner Holley in Metallurgical Review II, p. 220.

[5]) Versuche von Wedding, Sitzungsbericht d. Vereins für Beförderung des Gewerbefleifses 1889, S. 91; von Sattmann, Stahl und Eisen 1892, S. 551; von Thurston, Engineering and Mining Journ. XLVII, p. 262; von Wertheim, Annales de chimie et de physique, sér. 3, t. XII.

[6]) Annalen der Physik u. Chemie VIII, S. 352.

[7]) Versuche von Kirkaldy in R. Åkermans On hardening iron and steel im Journ. of the Iron and Steel Inst. 1879, II.

wärmung von Einflufs ist, war längst bekannt und wurde von Sattmann genauer nachgewiesen [1]).

Die Veränderungen der Festigkeitseigenschaften des Eisens durch die Bearbeitung sind von grofser praktischer Bedeutung. Sie erscheinen um so gröfser, bei je niedrigerer Temperatur die Bearbeitung erfolgt. Wedding stellte hierüber 1889 Versuche mit Stäben aus weichem Flufseisen, Sattmann 1892 mit gewalzten Blechen an [2]). Am deutlichsten zeigen sich dieselben, wie längst bekannt, beim Ziehen von Drähten. Hierfür hat Howard [3]) 1885 genauere Werte ermittelt. Thurston stellte Versuche über den Einflufs des Walzens bei verschiedenen Temperaturen an; desgleichen Kintzlé über den Einflufs der Walzrichtung auf die Festigkeit [4]). Ebenso entstehen durch das Lochen grofse Änderungen in den Festigkeitseigenschaften der Bleche und Platten, wie durch zahlreiche Versuche von Hill 1883, Tetmayer 1886, Barba 1887, Considère 1887 u. a. nachgewiesen wurde.

Auf den grofsen Einflufs, welchen die chemische Zusammensetzung auf die Festigkeit des schmiedbaren Eisens ausübt, haben wir schon hingewiesen [5]). Am meisten kommt hierbei der Kohlenstoffgehalt in Betracht, mit dessen Zunahme bis 1 Prozent die Festigkeit steigt. Versuche hierüber mit Martinflufseisen von Terrenoire hat A. von Kerpely 1878 veröffentlicht [6]).

Bleichsteiner giebt 1892 folgende Festigkeitsziffern für die verschiedenen Eisensorten nach ihrer Darstellungsweise und ihrem Kohlenstoffgehalt:

		Kohlenstoff Prozent	Festigkeit kg pro qmm
Schmiedeeisen	Schweifseisen	0,1	30
	Schweifspuddeleisen	0,2 bis 0,3	36
	Konverterflufseisen	0,2 „ 0,3	45
	Flammofenflufseisen	0,2 „ 0,3	48
Stahl	Schweifsstahl	über 0,6	50
	Konverterflufsstahl	„ 0,6	60
	Flammofenflufsstahl	„ 0,6	70
	Tiegelflufsstahl	„ 0,6	80

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1892, S. 557.
[2]) Vergl. Ledebur, Handbuch der Eisenindustrie, S. 676.
[3]) Siehe Revue universelle des mines, sér. 2, t. XVIII, p. 338.
[4]) Siehe Stahl und Eisen 1892, S. 686.
[5]) Vergl. auch die Untersuchungen von Webster 1894 im Journal of the Iron and Steel Inst. 45, p. 328, und von Arnold, a. a. O., S. 107 u. 156.
[6]) A. von Kerpely, Eisen und Stahl auf der Weltausstellung zu Paris im Jahre 1878.

Digitized by Google

Nach den Ermittelungen des Amerikaners M. R. Webster[1]) soll, unter Zugrundelegung einer Zugfestigkeit von 24,43 kg pro Quadratmillimeter für reines Eisen, für je 0,01 Prozent Kohlenstoff eine Festigkeitszunahme um 0,56 kg pro Quadratmillimeter sich ergeben.

Über den Einflufs des Siliciumgehaltes auf die Festigkeit des Eisens, welcher dem des Kohlenstoffes ähnlich, aber schwächer ist, hat namentlich Hadfield 1889 Ermittelungen angestellt[2]). Er fand das Maximum der Festigkeit bei einem Siliciumgehalte von 4,3 Prozent.

Mangan, Chrom, Wolfram und Nickel erhöhen die Festigkeit des kohlenstoffhaltigen Eisens. Hierfür haben A. von Kerpely, Hadfield, Wedding, Howe, Riley, Gautier Beispiele unter Wertangaben veröffentlicht. Ebenso hat A. von Kerpely Zahlen für die nachteilige Beeinflussung der Festigkeit des Eisens durch Phosphor mitgeteilt. Eine eigentümliche Veränderung der Festigkeit, insbesondere der Zähigkeit, ist die „Beizbrüchigkeit“, welche sich beim Beizen des Drahtes mit verdünnten Säuren zeigt. Sie soll nach Ledebur[3]), der hierüber 1887 zuerst genaue Versuche angestellt hat, auf einer Wasserstoffaufnahme des Eisens beruhen.

Mit der Festigkeit hängt die Härte auf das engste zusammen. Auch für die Härtebestimmung hat man besondere Apparate konstruiert, von denen wir die von Middelberg und von C. Martens (1889) nennen. Martens' Härteprüfer ist ein Taster mit rundlicher Diamantspitze, welcher durch Hebeldruck auf die zu prüfende ebene und polierte Fläche wirkt. Die Tiefe des Eindruckes bezogen auf die Einheitsbelastung giebt das Mafs der Härte[4]).

Der Druck des Wassers und der Luft hat seit 1870 eine immer steigende Bedeutung für die Kraftübertragung von dem Motor auf das Werkzeug, sowie für die Kraftkonzentration erlangt. Die Hydraulik hat in der Eisenindustrie die mannigfaltigste Verwendung gefunden, da sie besonders für schwere Arbeitsleistungen geeignet ist. Von den zahlreichen Verwendungen, wovon viele noch gelegentlich zur Sprache kommen werden, seien nur die hydraulischen Schmiedepressen, die Hebevorrichtungen zur Bewegung der Konverter, der grofsen Giefspfannen, der Martinöfen, der Formmaschinen u. s. w. hier erwähnt.

---

[1]) Vortrag auf dem internationalen Ingenieur-Kongrefs bei der Weltausstellung zu Chicago im August 1893.

[2]) Journal of the Iron and Steel Institute 1889, II, p. 222.

[3]) Siehe Stahl und Eisen 1887, S. 1681; 1888, S. 745, und A. Ledebur, Handbuch der Eisenhüttenkunde, S. 311.

[4]) Mitteilungen der Kgl. technischen Versuchsanstalt in Berlin 1890, Heft 5, S. 215.

Digitized by Google

Der Luftdruck eignet sich mehr für Kraftübertragung auf kleinere Werkzeuge. Die Prefsluft hat deshalb bis jetzt mehr in grofsen Städten (Popps Anlage in Paris) zur Kraftabgabe einer Centrale an Gewerbetreibende Anwendung gefunden, für die Eisenindustrie ist seine Verwendung bis jetzt beschränkt. Für vorgenannten Zweck sind besondere Prefsluft-Werkzeuge[1]) konstruiert und eingeführt worden.

Magnetismus und Elektricität haben in den letzten Jahrzehnten eine ungeahnte Bedeutung für die Technik erlangt. Auch für das Eisenhüttenwesen sind dieselben von Wichtigkeit geworden, namentlich seit der Anlage starker Kraftcentralen auf den Hüttenwerken in Verbindung mit Gichtgasmaschinen.

Trève wies 1875 durch Versuche nach, dafs die magnetische Kraft des Stahls mit dem Kohlenstoffgehalte zunimmt. Dieselbe verhält sich z. B. bei Stahl von 0,25 Prozent zu Stahl von 0,95 Prozent Kohlenstoff wie 13:47. Rinman fand dies bestätigt und Charles Ryder gründete darauf 1879 ein Verfahren, den Kohlenstoffgehalt des Stahls mittels einer Magnetnadel zu bestimmen, desgleichen A. von Waltenhofen[2]) in Prag 1879. Professor Hughes[3]) fand 1884, dafs sich die molekularen Eigenschaften des Schmiedeeisens und Stahls durch Messung der magnetischen Kapazität mittels der magnetischen Wage erkennen lassen. Er bestimmte die Grenze zwischen Schmiedeeisen und Stahl auf 400°. C. Tetmayer empfahl 1883 die Untersuchung von Eisen und Stahl mit der Magnetnadel zur Ermittelung der Homogenität; A. Martens erwarb 1884 auf ein thermo-elektrisches Verfahren ein Patent (D. R. P. Nr. 23580). C. A. Casperson führte 1891 in Schweden eine Härtebestimmung von Eisen und Stahl mittels des elektrischen Stromes ein. Hering empfahl die elektromagnetische Messung besonders zum Aufsuchen von Blasen im Flufseisen. Die Magnetnadel kann auch zur Unterscheidung von Spiegeleisen und Ferromangan dienen, indem Eisen mit 12 Prozent Mangan aufhört magnetisch zu sein, ebenso Eisen mit 25 Prozent Nickel. Merkwürdig ist, dafs ein Zusatz von für sich nicht magnetischem Wolfram die magnetische Kraft von Eisen und Nickel erhöht. Noch merkwürdiger ist, dafs, wie Hopkinson 1890 nachgewisen hat, ein 25 Prozent Nickel haltiger unmagnetischer Stahl durch starke Abkühlung mittels fester Kohlensäure magnetisch wird.

Die Aufbereitung magnetischer Erze durch Elektromagnete

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 610.
[2]) Dingler, Polyt. Journ. 1879, II, S. 145.
[3]) Comptes rendus de la soc. de l'industr. min. 1884, p. 51.

Digitized by Google

ist in Schweden und Nordamerika zur Ausbildung gekommen. In Schweden führte Wenström 1888 einen elektromagnetischen Erzscheider in Dannemora ein, mit dem er 1889 in Örebro das Grubenklein anreicherte. Wichtiger noch wurde die magnetische Separation in Nordamerika. Hier führten Larue in Quebeck sowie Balch und Nelson in Montreal schon vor 1872 die Konzentration von Magneteisensand durch Elektromagneten ein [1]). In den Vereinigten Staaten war es Th. A. Edison, der schon 1881 einen magnetischen Erzseparator konstruierte und sich seit der Zeit mit dieser Frage beschäftigte [2]). 1892 hatte die magnetische Scheidung in den Staaten New York, Pennsylvanien, Virginien, Nord-Karolina und Michigan Eingang gefunden. 1891 wurden in den Vereinigten Staaten 110 000 Tonnen Erz auf nassem Wege und 100 000 Tonnen auf magnetischem Wege separiert [3]).

Henry Hugh Eames in Baltimore nahm am 16. Oktober 1888 ein englisches Patent (Nr. 14 837) zur Abscheidung des Eisens aus den Erzen in senkrechten Retorten bei 550° durch Elektromagnete; also ein ähnliches Verfahren wie das ältere von Chenot. Die elektrische Schmelzung und einen elektrischen Schmelzofen für Stahl schlug Dr. W. Siemens 1881 vor. Auf elektrisches Schmelzen von Eisenerzen nahmen die Gebrüder Cowles zu Cleveland, Ohio, seit Januar 1886 eine Reihe von Patenten. Nennenswerte Erfolge sind aber auf diesem Wege noch nicht erzielt worden. Dasselbe gilt von der häufig versuchten Reinigung von flüssigem Eisen mittels des elektrischen Stromes. Weder die älteren Vorschläge von A. C. Fleury 1860, Winkler 1861, S. C. Kreeft in London 1865, noch die neueren von Ehrmann und Fourquignon 1873 hatten ein praktisches Ergebnis.

Anders verhält es sich mit der elektrischen Schweifsung. Diese hat sich in vielen Fällen bewährt, und es sind hierfür zwei Verfahren, das von Benardos und das von Thomson, in Anwendung.

Nicol. de Benardos in St. Petersburg trat zuerst 1885 mit seinem Verfahren hervor, welches darin besteht, die Schweifsung durch die Hitze des elektrischen Lichtbogens zu bewirken. Dieser wird zwischen einem Kohlenstifte und dem zu schweifsenden Metall als anderer Pol erzeugt. Der Kohlenstift mufs der positive Pol sein. Die starke Hitze des Lichtbogens wirkt wie ein Lötrohr und schmilzt

---

[1]) Siehe Journ. of the Iron and Steel Inst., Febr. 1872, p. 163.
[2]) Edisons Erzscheider ist abgebildet in Stahl und Eisen 1889, S. 449.
[3]) Beschreibung der magnetischen Scheidung auf der Tilly Foster-Grube siehe Österreich. Ztg. für Berg- und Hüttenwesen 1893, S. 377.

das Metall an der Schweifsstelle. Hierbei tritt zugleich Oxydation ein; es bildet sich Schlacke, welche die Schweifsstelle schützt. Dennoch brannte anfangs zu viel von dem Metall weg. Benardos nahm deshalb eine feuerbeständige Zwischenlage wie Graphit (1889, D. R. P. Nr. 46776 und 7. Juli 1892, Nr. 67615, Stahl und Eisen 1893, S. 436), später streute er Pulver desselben Metalls auf die Schweifsstelle. Der Kohlenstift steckt in dem Loche zweier scherenartig verbundener Kupferdrähte, das biegsame Kabel geht durch den hölzernen Griff, mit dem der Arbeiter den Stift führt, hindurch. Dieser trägt bei der Arbeit aufserdem dicke Lederhandschuhe und schützt seine Augen vor dem grellen Licht durch dunkle Gläser. Auf diese Art ist die Schweifsung sogar unter Wasser ausführbar. Ein Nachteil des Verfahrens, welches der Erfinder besonders zum Flicken von Dampfkesseln anwendete, besteht darin, dafs das Metall an der Schweifsstelle hart wird. Eine Verbesserung des Verfahrens wurde durch die Benutzung der Entdeckung von Dr. Zerenner, dafs sich der elektrische Lichtbogen durch starke Magnete ablenken läfst, eingeführt.

Das elektrische Schweifsverfahren von Professor Elihu Thomson[1]) wurde 1887 in den Vereinigten Staaten patentiert und auf den Werken der Thomson-Houston Company zu Lynn eingeführt. In Europa wurde das Verfahren durch die Pariser Ausstellung von 1889 und einen dort gehaltenen Vortrag von W. E. Fish aus Boston auf dem Meeting des Iron and Steel Institute[2]) bekannt. Bei diesem Verfahren bilden die beiden Schweifsstellen die Pole. Ein elektrischer Strom von geringer Spannung ($^1/_4$ bis 1 Volt), aber grofser elektromotorischer Kraft (1000 bis 5000 Ampère) tritt durch eine Klammer, welche die zu schweifsenden Metallwände zusammenprefst, ein, durchströmt die beiden Metalle und tritt durch eine andere Klammer aus. An der Stelle, wo die beiden Metalle stumpf zusammenstofsen, ist der Widerstand ein grofser, infolgedessen tritt Erhitzung und Schweifsung ein. Nach Fishs Angabe erfolgte die Schweifsung von Stahl nach E. Thomsons Verfahren[3]) bei einem Strom von 1480 Ampère in 40 Sekunden, bei 1900 Ampère in 30, bei 2300 Ampère pro Quadratcentimeter in 20 Sekunden bei 16 Volt Spannung. Ein Nachteil des Verfahrens soll darin bestehen, dafs man die Temperatur nicht regulieren kann; auch beansprucht es viel stärkere Ströme als Benardos Verfahren. Trotzdem hat das Thomsonsche Verfahren eine

---

[1]) D. R. P. Nr. 50243 vom 9. Jan. 1889 und Nr. 57097.

[2]) Siehe Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1890, S. 37.

[3]) Siehe Stahl und Eisen 1892, S. 257.

gröfsere praktische Bedeutung erlangt und wird in den Vereinigten Staaten in grofsartiger Weise verwendet. Die elektrische Schweifsung macht Operationen möglich, die bei dem früheren Schweifsverfahren nicht ausführbar waren [1]).

1893 wurde ein drittes elektrisches Schweifsverfahren von dem belgischen Ingenieur Lagrange und Hoho veröffentlicht; die Schweifsung erfolgt hierbei in einem Wasserbade [2]).

Weitere hüttenmännische Verwendungen des elektrischen Stromes sind vorgeschlagen zur Reinigung des Walzdrahtes von Oxyden (1891) und zur Verstählung des Eisens.

J. Garnier fand, dafs bei etwa 1000° die Verstählung des Eisens unter dem Einflusse eines schwachen elektrischen Stromes (50 Ampère und 2,5 Volt) sehr schnell sich vollzieht.

Ferner wird die Elektricität zum Enthärten und Härten des Stahls benutzt. Die Thomson Electric Welding Company in Lynn, Mass., erweicht auf diesem Wege die Bohrstellen gehärteter Panzerplatten [3]).

Wie ausgedehnt die Verwendung der Elektricität als motorische Kraft in den letzten 25 Jahren geworden ist, weifs ein jeder. Abgesehen von der mannigfaltigen Benutzung im Bergwerksbetriebe, heben wir besonders die Verwendung für elektrische Kräne in Eisengiefsereien und Stahlwerken hervor und zwar sowohl für Lauf- als für Drehkräne. Ein elektrischer Laufkran von Schneider & Co. in Creusot (1893) hatte 150 Tonnen Tragfähigkeit und 28½ m Spannweite. Auch elektrische Bohrmaschinen sind bereits häufig in Anwendung, z. B. eine Kranbohrmaschine bei Schwarzkopff in Berlin (1893). Viel mannigfaltiger ist die Verwendung elektrischer Arbeitsmaschinen bei der Adjustierung. In der belgischen Waffenfabrik von Herstal-Lüttich ist der Betrieb durchweg elektrisch (1894). Für Ventilatoren und Kreiselpumpen ist der elektrische Betrieb sehr geeignet und vielfach angewandt.

Die Verwendung der Elektricität für Transport und Beleuchtung ist bereits eine sehr allgemeine. In Amerika sind elektrische Kräne von 150 Tonnen Tragkraft keine Seltenheit [4]). Elektrische Schmelzöfen haben in der Eisenindustrie bis jetzt noch keine Anwendung gefunden, wohl aber bei der Aluminiumdarstellung und der Gewinnung von Chrom und Wolfram. Neuerdings hat der italienische Hauptmann

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1895, S. 1089.
[2]) Daselbst 1893, S. 530; 1894, S. 483.
[3]) Daselbst 1897, S. 323.
[4]) Daselbst 1899, S. 1185.

Stassano eine elektrische Eisen- und Stahlgewinnung, wobei das Schmelzen in elektrischen Öfen erfolgen soll, vorgeschlagen[1]).

Starke Elektromagnete dienen zum Ausheben der Masseln aus dem Masselbett sowie zum Heben schwerer Eisenstücke[2]).

Für Kraftmaschinen findet die Elektricität im Kleinbetrieb vielfach Anwendung. Die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin betreibt auch bereits ein Kupferwalzwerk elektrisch. Die Anlage ist von der Maschinenbau-Aktiengesellschaft vorm. Gebr. Klein in Dahlbeuch ausgeführt[3]).

In Schweden ist das in Gestrikland gelegene Eisenwerk Hofors schon 1893 dazu übergegangen, die Kraft eines 2½ km entfernten Wasserfalles zum Betriebe von drei Walzenpressen und den dazugehörigen Hülfsmaschinen auszunutzen[4]), wobei die ganze Kraft elektrisch übertragen wird.

Die Fortschritte im Hüttenbetriebe.

Brennmaterial.

Die Bedeutung des Holzes und der Holzkohle als Brennstoff für die Eisenindustrie treten in diesem Zeitraume im ganzen mehr zurück. Dementsprechend waren auch die Fortschritte der Holzverkohlung nicht sehr grofs. Die Ofenverkohlung gewann in Schweden und in Nordamerika[5]) gegenüber der Meilerverkohlung an Bedeutung. Die Öfen waren meist, wie z. B. der von Mathien[6]), in Form von Retorten mit Gewinnung der Destillationsprodukte.

Eine sehr grofse Erzeugung hatten die kontinuierlichen Verkohlungsöfen von E. J. Ljungberg auf dem Domnarfvets Eisenwerk in Schweden[7]). Sie waren in vier Kammern geteilt nach Art der Ringöfen und wurden ähnlich wie diese betrieben. Die erste Kammer diente zum Vorwärmen, die zweite zum Entwässern, die dritte zum Verkohlen des Holzes und die vierte zum Ziehen der Kohlen und zum Besetzen. Obgleich ein Satz 20 Tage brauchte, lieferte 1896 ein

---

1) Stahl und Eisen 1899, S. 797.

2) Glasers Annalen 1898, Nr. 506; siehe Stahl u. Eisen 1898, S. 780; 1901, S. 419.

3) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 905.

4) Journal of the Iron and Steel Institute 1898, t. II, p. 297; siehe Stahl und Eisen 1900, S. 56.

5) Siehe Berg- und Hüttenmännische Ztg. 1881, S. 267.

6) Jernkont. Annal. 1884, Heft 5.

7) Siehe Stahl und Eisen 1897, S. 932 und 1898, S. 77.

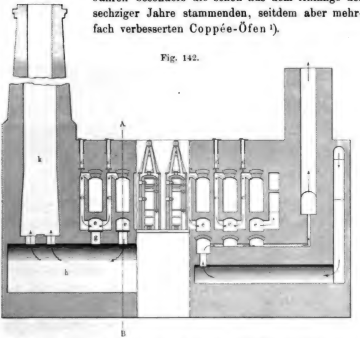
Digitized by Google

solcher Ofen doch 15 000 cbm Holzkohle im Jahre. Dabei waren die Kosten geringer und das Ausbringen gröfser.

Die Fortschritte der Koksfabrikation seit 1870 sind dagegen sehr beachtenswert, besonders hinsichtlich der Gewinnung der Nebenprodukte der Verkohlung.

Von den liegenden Retortenöfen bewährten sich in den siebziger Jahren besonders die schon aus dem Anfange der sechziger Jahre stammenden, seitdem aber mehrfach verbesserten Coppée-Öfen [1]).

Fig. 142.



Nach A. Gillon [2]) waren von diesen 1873 in Belgien 524 im Betriebe und 192 im Bau, in Preufsen 1305 fertig und 138 im Bau, in Frankreich 186 im Betriebe, in England 30 im Betriebe und 30 im Bau. Seit der Zeit hat ihre Verbreitung sehr zugenommen, so dafs sie 1894 in Deutschland, Frankreich und Belgien die am meisten benutzten Verkokungsöfen waren [3]). Die Gase des Ofens (Fig. 142, 143 a. f. S.)

[1]) Nach dem Erfinder Evence Coppée (D. R. P. Nr. 9908). Siehe Vortrag von A. Hüssener, Stahl und Eisen 1883, S. 397.

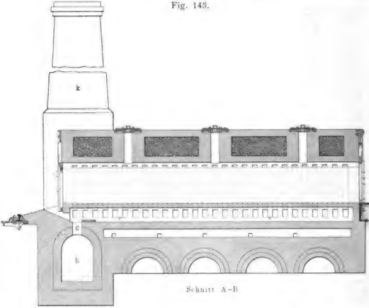
[2]) Revue universelle 1873, 34, p. 193.

[3]) Ledebur, Handbuch der Eisenhüttenkunde, S. 84. 1886 wurden ca. 42 Prozent der gesamten Koksproduktion Deutschlands (20 527 Tonnen in 24 Stunden) in Coppéeöfen dargestellt.

Digitized by Google

treten durch zahlreiche Öffnungen auf einer Seite nahe der Decke aus und werden durch senkrechte Seitenzüge *c* in einen geräumigen Seitenkanal *e*, wo sie sich mit den Gasen des Nachbarofens vereinigen, geleitet. Nachdem sie unter dem einen Ofen durchgestrichen sind, treten sie unter die Sohle des zweiten Ofens und entweichen dann durch *g* in den Kanal *h*, der sie der Esse *k* zuführt. Die Verbrennungs-

Fig. 143.



Schnitt A–B

luft tritt durch die vertikalen Röhren *dd* in einen horizontalen Kanal, wo sie vorgewärmt in die Gaskanäle *cc* eingeleitet die Verbrennung in den vertikalen Seitenkanälen bewirkt. Die Ofenkammern pflegten 9 m lang zu sein, bei 45 cm Breite und 1,20 m Höhe dauerte die Verkokung 24 Stunden, bei 60 cm Breite und 1,70 m Höhe 48 Stunden. Für magere Kohlen wählt man geringere Breite. Die Vorzüge des Coppéeofens liegen besonders in der schmalen, hohen Form der Retorte und den vertikalen Zügen, die stabiler sind wie die horizontalen. Die Höhe der Kammern hat man bis 2,10 m erhöht. Benutzt man die Abhitze zur Dampferzeugung, so liefert ein Ofen den Dampf für drei bis vier Pferdekräfte. Für eine vollständige Bauanlage kann man die Kosten für 1 Tonne Kokserzeugung in 24 Stunden auf 2500 Franken annehmen, während sie sich bei Smetöfen auf 3000 Franken und bei

Digitized by Google

Appoltöfen auf 5000 Franken belaufen. Dagegen erfordert der Coppéeofen zweimal, der Smetofen zweieinhalbmal so viel Terrain als der Appoltofen von gleicher Produktion.

Abänderungen des Coppéeofens sind Ringels Koksöfen [1]), die 1871 zu Rokitzan in Böhmen zuerst in Betrieb genommen wurden. Die Öfen von Richard Wintzek in Friedenshütte (D. R. P. Nr. 2005 vom 20. Januar 1878) sind verbesserte Smetöfen; sie wurden auf der Zeche Glückauf bei Beuthen in Oberschlesien zuerst angewendet und kamen dann auf mehreren Werken Schlesiens zur Einführung.

Dr. Otto in Dahlhausen verbesserte 1879 den Coppéeofen durch eine vermehrte Ausnutzung der Gase, durch Verbrennung derselben mit heifser Luft. Zu diesem Zwecke sparte er Lufterhitzungskanäle in dem Ofengewölbe aus, die zugleich als Kühlkanäle für den Ofen dienten, und leitete die erhitzte Luft sowohl in den Ofen als in die Seitenkanäle. Auch konstruierte er für leichte Koks einen Retortendoppelofen, bei dem zwei Reihen übereinander lagen. Schon früher hatte Lencauchez Koksöfen mit Kühlung und erhitzter Verbrennungsluft konstruiert und im Modell auf der Pariser Ausstellung 1878 vorgeführt.

L. Semet und E. Solvay in Brüssel bauten 1883 Koksöfen, bei denen zu beiden Seiten der die Gewölbe tragenden Wände durch dünnwandige grofse Hohlziegel Kanäle gebildet waren. Die Öfen hatten besondere Rostfeuerung. Die Flammen strichen erst unter dem Ofen her, dann durch die Seitenkanäle. — Gebr. Röchling bauten 1886 horizontale Koksöfen mit senkrechten Heizkanälen und verbesserter Zuführung der Verbrennungsluft.

Th. von Bauer und Carl Gödeke suchten dagegen den Appoltofen zu verbessern (D. R. P. Nr. 7825), indem sie eine geregelte Luftzuführung, bessere Verbrennung und Gasführung einrichteten und die Stabilität der Anlagen erhöhten. Dr. von Bauers vertikaler Koksofen wurde 1877 zu Dobriv zuerst ausgeführt. Emil Franzen baute 1883 zu Angleur in Belgien Schachtkoksöfen.

Der Gewinnung der Nebenprodukte der Koksfabrikation hatte man in den siebziger Jahren in England und Deutschland nur geringe Aufmerksamkeit geschenkt, weil man in dem festen Glauben befangen war, dafs dieselbe nur auf Kosten der Güte des Koks ausgeführt werden könnte. In Frankreich dagegen hatte das von Knab

[1]) Siehe Kärntner Ztg. f. Bau- u. Hüttenwesen 1872, Nr. 7 mit Zeichnungen.

Digitized by Google

eingeführte System sich mehr und mehr Anerkennung verschafft und wurde weiter ausgebildet. Öfen mit Kondensation wurden konstruiert von Haupart, Carvés, Pernolet, Pawels (Pauwells) und Dubochet, de Vathaire, Semet und Renaut.

Anfang der siebziger Jahre wurden auf den Pariser Gasanstalten zu Ivry und La Villette Öfen nach Knabschem System unter dem Namen Pauwells- und Dubochet-Öfen erbaut. Carvés zu St. Etienne baute 1876 seine verbesserten Öfen mit Wandheizung und Kondensation zu Basséges, nachdem er früher schon eine Anlage von 88 Knaböfen auf der Kokerei du Marais bei St. Etienne gemacht hatte. Carvés System, durch welches man Koks, Teer und Ammoniakwasser gewann, bewährte sich, und es wurde ihm 1879 die Erbauung einer Anlage zu Terre-noire übertragen. Die Carvésöfen bestanden aus einem System nebeneinander liegender hoher, enger Kammern mit horizontalen Seiten- und Bodenzügen. Die Verkokungsprodukte wurden durch ein Rohr in der Mitte der Gewölbe abgezogen und passierten Kühlröhren und Scrubbers, ähnlich wie bei der Gasfabrikation. Durch den Erfolg begann man auch in Deutschland auf diese neue Ofenart aufmerksam zu werden. A. Hüssener in Dortmund empfahl sie zuerst und die Gebrüder Möller bauten die ersten 1880 auf ihrer Kokerei zu Brackwede. 1881 bildete sich die Aktiengesellschaft für Kohlendestillation zu Essen, welche sofort 50 Carvésöfen aufführte. 1881 wurde durch A. Hüssener zu Bulmke bei Gelsenkirchen eine Anlage von verbesserten Carvéskoksöfen mit Gewinnung der Nebenprodukte errichtet.

In England hielt man dagegen an den Bienenkorböfen fest. Jameson[1]) verband damit eine teilweise Gewinnung der Nebenprodukte in der Weise, dafs er die Verbrennung von oben nach unten fortschreiten liefs, einen durchlöcherten Boden anbrachte, unter dem sich eine Anzahl Kanäle befanden, die zu einem Saugrohre führten, aus welchem die Destillationsprodukte durch Exhaustoren (blowers) abgesaugt wurden[2]). Der so erhaltene Teer enthielt nur die zwischen 250 und 350° siedenden Öle, kein Naphtalin und kein Anthracen. Infolgedessen war er viel geringwertiger als gewöhnlicher Teer.

Doch führte schon damals H. Simon Carvésöfen auf der Koksanstalt von Mss. Pease bei Crooke (Durham) ein[3]). Man nennt

---

[1]) D. R. P. vom 6. Juni 1883; siehe Stahl und Eisen 1883, S. 564.

[2]) Näheres s. Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1884, S. 263.

[3]) Siehe Journal of the Iron and Steel Inst. 1883; Eisen und Stahl 1882, Heft 7 und 10.

deshalb dieses Ofensystem, welches mit zweiräumigen Lufterhitzern (Rekuperatoren) versehen ist, in England Simon-Carvés. Obgleich der Teer dieser Öefen reich an Naphtalin und Anthracen war und dem Gasteer glich, so sprach man sich auf der Versammlung des Iron and Steel Institute 1885 doch zu Gunsten der Jameson- gegenüber der Simon-Carvésöfen aus, weil letztere zu kompliziert und zu teuer seien. Versuche von Lowthian Bell ergaben, dafs die Koks der Carvésöfen 10 Prozent geringeren Wert im Hochofen haben als die Koks aus Bienenkorböfen. Dennoch fanden diese mehr und mehr Verbreitung.

Am Ende der Bodenzüge der Carvésöfen befand sich eine kleine Rostfeuerung. Die Kammern hatten sehr vollkommenen Luftabschlufs. Die flüchtigen Verkokungsprodukte wurden in der Mitte durch ein Rohr abgesogen, durchstrichen einen Wasserkasten, in dem sich Teer und Ammoniakwasser absetzte, dann ein Röhrensystem mit Wasserkühlung und Scrubbers, mit Koks gefüllte Gefäfse, in denen Wasser, dem Gasstrome entgegen, rieselte. Dann erst gelangte das Gas in die Verbrennungsräume. Die Öfen von Terre-noire waren 6 m lang, 1,45 m hoch und 0,60 bis 0,75 m breit. Bei Crook in Durham erzielte man 77 Prozent Koks, 2,8 Prozent Teer und 16,6 Prozent Gaswasser.

Die von Hüssener verbesserten Öfen zu Gelsenkirchen in Westfalen konnten durch eine Ausdrückmaschine entleert werden. Er leitete heifse Luft in den Verbrennungsraum, da ohne solche die Öfen nicht heifs genug gingen. Die Öfen der Kohlendestillationsgesellschaft, die 1882 in Betrieb kamen, waren 9 m lang, 1,8 m hoch und 0,575 m breit. Der Teer enthielt 1,08 Prozent Benzol (bei 80 bis 140° siedend), 0,39 Prozent Naphtalin, 1,37 Prozent Phenol, 0,97 Prozent Anthracen.

Bei dem wachsenden Bedarf an Teer, besonders seitens der Teerfarbenfabrikation, suchte man auch die bestehenden Koksöfenkonstruktionen mit Kondensation zu verbinden.

H. Semet baute 1882 zu Bellevue in Belgien seine ersten sechs Versuchsöfen nach dem System Semet-Solvay. 1883 baute die Solvay-Gesellschaft 25 solcher Öfen auf der Grube Havré.

Gustav Hoffmann zu Neulässig bei Gottesberg erfand 1882 einen Regenerativkoksofen mit Kondensation (D. R. P. Nr. 18795), der zuerst 1883 zu Gottesberg in Schlesien in Ausführung kam. Dr. C. Otto verband sich mit Hoffmann, wendete dessen Princip auf seine Kon-

struktion an und führte diese Öfen (Fig. 144 und 145) in Westfalen, und zwar zuerst auf Zeche Pluto bei Wanne mit sehr vollkommenen Kondensationsvorrichtungen ein[1]). Es ist eine Kombination von Siemens' Regeneratoren mit liegenden Koksöfen, in deren Seitenwänden Vertikalzüge angebracht sind. Die gebräuchlichen Maſse waren 9 m Länge, 1,60 m Höhe, 0,60 m Breite im Lichten, von Mitte bis Mitte der Kammern aber 0,95 m. Sie haben keine Gasabzüge in den Wänden, sondern nur zwei Öffnungen im Gewölbe. Die Sohlkanäle stehen mit einem Luftgenerator in Verbindung; in denselben verbrennen die Gase mit heiſser Luft. Die Gase aus dem Ofen treten erst in eine Vorlage, dann in eine Kondensationskammer, den Gaskühler, von da in den Scrubber oder Gaswascher. Hier werden Teer und Ammoniak niedergeschlagen. Die Bewegung der Gase wird durch einen Exhaustor bewirkt, der das gereinigte Gas in die Sohlkanäle führt, wo sie mit der heiſsen Luft, welche durch Ventilatoren durch den Regenerator gedrückt wird, verbrennen. Anfänglich lieſs man auch die Gase Regeneratoren passieren, doch hat man dies bald wieder aufgegeben. Das Ausbringen an Koks auf der Zeche Pluto war 7 Prozent höher

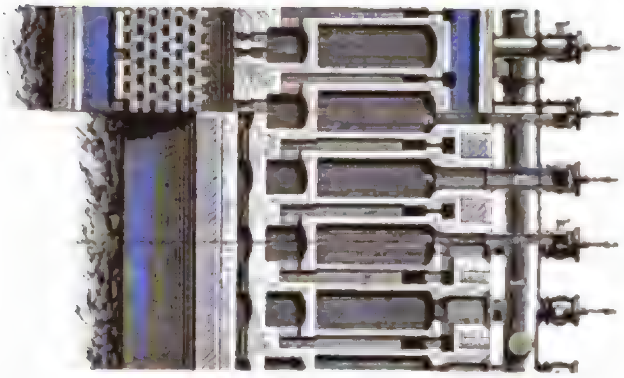


Fig. 144.

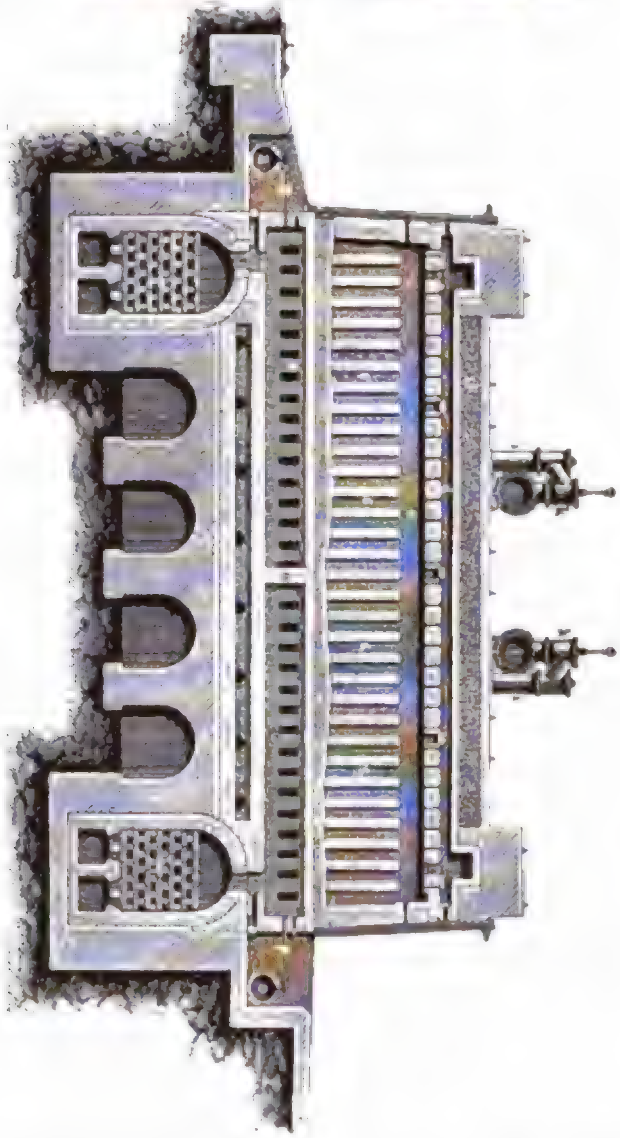


Fig. 145.

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1884, S. 396.

wie sonst (68 Prozent gegen 61 Prozent). Dabei gewann man 2,78 bis 3,46 Prozent Teer und 14 Prozent Ammoniakwasser oder 1,1 Prozent schwefelsaures Ammoniak. Der Teer enthielt 0,954 bis 1,06 Prozent Benzin, 4,27 bis 5,27 Prozent Naphtalin, 0,575 bis 0,64 Prozent Anthracen, 50 Prozent Pech und 10 bis 25 Prozent unlöslichen Rückstand. Von den gereinigten Gasen wurde nur ein Teil zur Ofenheizung verwendet, ein anderer Teil blieb zur Dampferzeugung etc. zur Verfügung. Die Hoffmann-Otto-Öfen (D. R. P. Nr. 25825 von 1883) fanden rasch Eingang, so dafs bis Mitte 1885 bereits 410 Öfen teils fertig, teils im Bau begriffen waren.

Andere patentierte Konstruktionen von Koksöfen mit Gewinnung von Nebenprodukten sind von Stier (D. R. P. Nr. 24717), Klönne (D. R. P. Nr. 25673), Brunk (D. R. P. Nr. 25499), Herberz (D. R. P. Nr. 25526).

Dr. Otto brachte das System der Wärmespeicher auch mit den stehenden Öfen (Appolt, von Bauer) in Verbindung. Stiers Ofen ist eine Art Appolt, der durch Generatorgase geheizt wird. Klönnes Ofen mit Gewinnung der Nebenprodukte ist dem von Jameson ähnlich [1]). Dr. Otto verband 1886 auch Bienenkorböfen auf der Zeche Hibernia und Shamrock mit einer verbesserten Gasabführung.

Die Thatsache, dafs die Verkokung unter Druck ein besseres Produkt und bessere Ausbeute giebt und die Verwendung magerer Kohlen gestattet, hat die Veranlassung zu verschiedenen Verbesserungsvorschlägen gegeben. Brunck schlug deshalb (1884) eine Schutzdecke von Kleinkoks vor nebst einem Kalkzuschlag zur Erhöhung der Ausbeute an Ammoniak. C. Sachse in Orzesche (Oberschlesien) belastete die Steinkohlen mit schweren Platten. Lürmann verkokte unter Gasdruck und nahm hierauf bereits 1880 ein Patent [2]). Seine Öfen, die zuerst zu Riemke bei Bochum, dann auf der Kaisergrube bei Gersdorf in Sachsen eingeführt wurden, waren aufserdem mit einem mechanischen Beschickungsapparat verbunden. Die Verkokung unter Druck gestattete die Verwendung gasarmer, anthracitischer Steinkohlen; für gasreiche, fette Kohlen war sie nicht geeignet. Zu Gersdorf in Sachsen verarbeitete man Rufskohlen. Auch diese Öfen wurden mit Kondensation verbunden. Desgleichen die Öfen von H. Herberz in Langendreer, bei denen Gase und Verbrennungsluft ein Steingitterwerk ähnlich wie bei den Siemensregeneratoren passieren.

Grofsen Anklang fanden in Bayern, Österreich, Belgien, Frank-

---

[1]) Berg- und Hüttenmännische Ztg. 1884, S. 337.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1901, S. 75.

Digitized by Google

reich und Deutschland die vertikalen Koksöfen von Th. von Bauer in München mit Bogensohlen[1]). Es waren verbesserte Appoltöfen, die sich vor diesen durch gröfsere Stabilität und zweckmäfsigeres Entleeren auszeichneten. Das Ziehen des Koks erfolgte einfach durch Öffnen der senkrechten Thüren am unteren Teile, wobei die ganze Füllung auf der bogenförmigen Sohle herausrutschte. Die Verbrennungsluft wird durch den Ofen selbst vorgewärmt und in zwei regulierbaren Strömen den Seitenwänden zugeführt. Die Öfen gestatten einen fraktionierten Betrieb. Die fertigen Koks fallen auf ein eisernes Transportband, das von einer kleinen Dampfmaschine getrieben wird und dieselben von der Kammer auf die Ladebühne führt. Im Mai 1886 wurde auf dem Eisenwerk zu Creusot (Schneider & Co.) eine Batterie von 40 Stück von Baueröfen mit gutem Erfolge in Betrieb genommen[2]).

Ähnlich dem Verkoken unter Druck wirkt das von J. Quaglio 1886 erfundene Verfahren des Einstampfens der zerkleinerten Kohlen (D. R. P. Nr. 36 097)[3]) zwischen beweglichen Seiten und Boden. Der Kasten ist mit den Koksausdrückmaschinen verbunden und wird der ganze prismatische Körper, welcher eine Füllung bildet, von dieser in den Ofen geschoben. Dieses Verfahren hat sich für magere Kohlen sehr gut bewährt, so in Oberschlesien, auf der Georg-Marienhütte, im Saargebiet. Die erste Einführung erfolgte auf der Friedländischen Koksanlage zu Zabrze.

Das Einbringen der ganzen Steinkohlenfüllung in den Ofen mittels einer kastenartigen Vorrichtung und Stempel hatte Ritter von Mertens in Trzynietz (Oberschlesien) schon Anfang der achtziger Jahre und R. Wintzek in Friedenshütte 1883 eingeführt.

Neuere Kohlenstampfmaschinen sind die von Brinck und Hübner (D. R. P. Nr. 95 868 von 1897) und die von Kuhn & Co.[4]).

In Frankreich fand ein Koksofen von Seibel mit horizontalen Zügen für schwerbackende Kohlen Eingang[5]).

C. Blauel in Düsseldorf nahm am 22. Oktober 1889 ein Patent (D. R. P. Nr. 52 206) auf einen Universalkoksofen. Bei dem Ofen von Fritz W. Lürmann in Osnabrück wird seit 1888 ein ununterbrochener Betrieb dadurch erzielt, dafs immer nur die Hälfte der

---

[1]) Siehe Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1883, S. 17, mit Abbildungen.

[2]) Siehe Berg- und Hüttenmännische Ztg. 1887, S. 379.

[3]) Dingler, Polyt. Journ. 262, S. 521

[4]) Siehe Stahl und Eisen 1890, S. 1248 und 1891, S. 73.

[5]) Daselbst 1889, S. 762.

Digitized by Google

Koks ausgedrückt und entsprechend nachgefüllt wird. Zu Kohlscheid im Wurmrevier werden Lürmannsche Öfen auf diese Weise täglich viermal mit je 1000 Tonnen Kohlen von einer Seite der Gruppe aus beschickt [1]).

An den Gas- und Heifsluftführungen wurden zahlreiche Verbesserungen in den letzten 15 Jahren vorgeschlagen und ausgeführt, z. B. von E. Festner (D. R. P. Nr. 67 395 vom 23. Oktober 1891), der die Hoffmann-Ottoschen Regenerativöfen mit einer beständig wirkenden Lufterhitzung ohne Umstellung verband. Er nannte seinen Ofen Recuperatofen oder auch Festner-Hoffmannschen Koksofen [2]).

Die Semet-Solvayöfen wurden mit grofsem Vorteil mit Gewinnung der Nebenprodukte verbunden [3]) und fanden in dieser verbesserten Form besonders aufserhalb Deutschland grofse Verbreitung.

Durch diese Unterfeuerungsöfen wurde auch F. Brunck (Dortmund) veranlafst, eine neue Koksofenkonstruktion in Vorschlag zu bringen [4]).

Nach Rossigneux soll 1892 die Koksproduktion Mitteleuropas 22 195 000 Tonnen betragen haben. Hiervon entfielen 63 Prozent auf England, 20 Prozent auf Preufsen, 10 Prozent auf Belgien, 5 Prozent auf Frankreich und nur 200 000 Tonnen auf Mähren. Die nordamerikanische Produktion schätzt er auf $8^1/_2$ Millionen Tonnen. Man wendet in den Vereinigten Staaten meist noch Bienenkorböfen von 3,7 m Durchmesser und 1,5 bis 2,2 m Höhe an.

Im allgemeinen haben sich die kostspieligen Anlagen der Gewinnung von Benzol, Teer und Ammoniak überall da als vorteilhaft erwiesen, wo man ohne die Koksofengase genug Dampf hat. Man rechnet bei Verwendung der Gase zur Dampferzeugung 0,90 kg verdampftes Wasser auf 1 kg Kohle. Die Otto-Hoffmannschen Regenerativkoksöfen erreichen trotz der Gewinnung der Nebenprodukte nahezu diese Leistung [5]).

Diese Öfen haben denn auch in Westfalen bei weitem die gröfste Bedeutung erlangt und wesentlich zu dem gewaltigen Aufblühen der westfälischen Koksindustrie beigetragen. Während 1894 nur 862 Öfen mit Gewinnung der Nebenerzeugnisse vorhanden waren, betrug deren

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1890, S. 821.
[2]) Daselbst 1892, S. 827.
[3]) Daselbst, S. 828.
[4]) Daselbst 1894, S. 677.
[5]) Daselbst, S. 202.

Digitized by Google

Zahl 1895 schon 1864, wovon 1190 nach dem System Otto & Co.[1]) gebaut waren. Die Gesamtzahl der Koksöfen betrug 1895 8063 Öfen, von denen 7866 in Betrieb standen, gegen 6464 und 5852 im Jahre 1885[2]). — Von neueren Ofenkonstruktionen haben sich die Dr. von Bauerschen[3]), die 1893 und 1894 patentierten, bei der Firma Friedrich Krupp bewährt. Sie zeichnen sich durch rationelle Heizung der Ofenwände aus einer selbständigen Gasquelle aus. Ferner haben im rheinisch-westfälischen Revier die Koksöfen von Franz Brunk ebenfalls wegen ihrer guten Beheizung Anwendung gefunden[4]).

In Frankreich und Belgien wendet man bei der Verkokung mit Gewinnung der Nebenprodukte meist noch verbesserte Knabsche Öfen an[5]).

Auch in England wendet man neuerdings den Retortenöfen mit Gewinnung der Nebenprodukte gröfsere Aufmerksamkeit zu als früher[6]). Nach einem Berichte der Solvay-Gesellschaft waren Ende 1899 1451 Semet-Solvay-Öfen gebaut, zumeist in Belgien, Frankreich, England und den Vereinigten Staaten.

Die Entgasung der Kohlen darf nicht zu rasch vor sich gehen, weshalb man sie vor dem Beschicken annäfst. Bei zweckmäfsiger Anlage der Öfen und der Kondensation liefern westfälische Steinkohlen nach Terhaerst[7]):

	Trockene Kohlen Prozent	Nafse Kohlen Prozent
Koks	76,97	69,63
Teer	2,113	1,905
Ammoniumsulfat	1,16	1,04
Ammoniakwasser	23,66	21,36

Aufserdem kann 1 Tonne trockene gasreiche Kohle 3 bis 10 kg Benzol liefern.

Wenn von den Fortschritten der Koksfabrikation die Rede ist, so dürfen die Verbesserungen, welche bei der Aufbereitung und dem

[1]) Der um die Koksfabrikation Deutschlands hochverdiente Dr. Carl Otto, † den 13. November 1897; siehe Nekrolog, Stahl und Eisen 1897, S. 989.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1897, S. 18.

[3]) Daselbst 1899, S. 361.

[4]) A. a. O. 1900, S. 685.

[5]) Siehe Stahl und Eisen 1897, S. 1000.

[6]) Daselbst 1898, S. 486.

[7]) A. a. O. 1898, S. 747.

Digitized by Google

Verwaschen der Steinkohlen gemacht worden sind, nicht unerwähnt bleiben.

Für die Zerkleinerung der Grobkohle verbesserte Marsden in Leeds 1872 die Blakesche Steinbrechmaschine; Carr erfand 1872 seine Schleudermühle (Desintegrator). In den folgenden Jahren konstruierte Dyckhoff seinen schwingenden Backenbrecher, die Maschinenfabrik Humbold (1878) in Kalk bei Deutz einen Steinbrecher mit kastenförmigen Brechschwingen, Baxter & Co. in Leeds 1881 eine verbesserte Backenquetsche, die mehr durch Stofs als durch Druck wirkte. Schleudermühlen wurden angegeben von Rittinger und von Vapart (Croyeur Vapart) 1878.

Für die trockene Aufbereitung erfand Briart 1878 einen Rätter, Schmitt-Manderbach das Spiralsieb, Neuerburg 1879 ein Trommelsieb, die Maschinenfabrik Humbold in Kalk ein Schwingsieb, Karlik seinen rotierenden Pendelrätter 1884, Klönne seinen Kreiselrätter, der besonders für Braunkohlen Anwendung fand. H. Hochstrate brachte 1878 eine Windseparation in Vorschlag.

Am wichtigsten waren aber die Verbesserungen der Kohlenwäschen. Von diesen nennen wir die von Sievers, welche 1871 auf Grube Heinitz bei Saarbrücken eingerichtet wurde, von Rexroth, die um dieselbe Zeit in Seraing erbaut wurde, von Lührig[1]), welche von Waldenburg aus sich in Schlesien und Sachsen verbreitete.

Diese Systeme, wie das einige Jahre später von Kremer und Schüchtermann in Dortmund erfundene, beruhen auf dem Princip des Setzsiebes mit saugender und rückkehrender Wasserspülung. Dagegen arbeitet die Pumpensetzmaschine von Coppée, die zuerst zu St. Waarst bei Anzin eingeführt wurde, nur mit aufsteigendem Wasserstrom.

Bei der von Max Evrard zu St. Etienne 1875 angegebenen Sortierwäsche wird die Wassersäule direkt durch Dampf bewegt. Weiterhin wurden Kohlenwäschen konstruiert von Neuerburg in Köln 1878, von Marsaut in Bassège 1882, in demselben Jahre von Laporte und Jourjon und von Cl. Joufferey und J. Chevalier. Eine Spitzkastenseparation führte Büttgenbach 1883 ein. 1885 wurden in Frankreich Lührig-Coppéesche Kohlenwäschen zu Aubin und zu Aveyron angelegt[2]). Seit 1889 haben die von Bernard und

---

[1]) Die Lührigsche Kohlenwäsche von C. G. Kreischer 1878 bei Gottschalk in Freiberg.

[2]) Annales des Mines 1885, 2. livr., p. 356.

Digitized by Google

Seibel in Paris und Brüssel gebauten Kohlenwäschen in Frankreich, Belgien, Westfalen und Saarbrücken Verbreitung gefunden.

An die Aufbereitungsmaschinen schliefsen sich die Stampfvorrichtungen, um die Steinkohlen in den Kammern festzustampfen oder in Kasten zu pressen, wodurch eine parallelepipedische Masse, deren Gestalt und Gröfse der Verkokungskammer entspricht, in die sie eingeschoben wird. Um solche haben sich Ritter von Mertens zu Trzynietz, Baumgarten, Quaglio, Bremme, Röchling, Hoffmann, Brinck & Hübner und M. Klein (D. R.-P. Nr. 99492, 106019) verdient gemacht [1]).

Der flüssige Brennstoff: Petroleum und dessen Rückstände haben in Pennsylvanien und in Rufsland eine grofse Bedeutung für die Eisenindustrie erlangt. In Pennsylvanien verwendet man mehr Rohpetroleum, während man in Rufsland hauptsächlich die Naphtharückstände (Astaki oder Masut) als Brennstoff benutzt. Bei der Destillation von 100 Tln. Rohöl von Baku bleiben etwa 50 Tle. Rückstand, der 1899 8 Kopeken das Pud oder 1 Mark die 100 kg kostete, durch die Transportkosten erhöhte sich der Preis für Moskau auf 27 Kopeken oder 3,50 Mark. Man unterscheidet Schalenfeuerung, Tropfen- und Forsunkenfeuerung. Schalenfeuerung dient für mäfsige Hitze z. B. für Trockenöfen, Tropfenfeuerung für Schweifs- und Glühöfen; am wirksamsten und für hohe Temperaturen ist die Forsunkenfeuerung, wobei Naphtha in einem doppelten Rohre, der Forsunka, ähnlich wie bei einem Injektor, durch Dampf oder Prefsluft zerstäubt wird. Letztere Art der Feuerung findet bei Puddelöfen, bei Martin- und Tiegelstahlöfen Anwendung. Um hohe Temperaturen zu erzeugen, verbindet man die Forsunkenfeuerung mit Siemens-Regeneratoren [2]).

Die gasförmigen Brennstoffe haben seit 1870 eine immer wachsende Bedeutung erlangt. Hierbei kommen besonders in Betracht das Naturgas in dem Petroleumgebiet der Vereinigten Staaten Nordamerikas, die künstlichen Gase, als Generatorgas, Wassergas, Dowsongas, Masut- und Naphthagas u. s. w., die Abgase der Hochöfen, Koksöfen und anderer Öfen.

Das Naturgas hat nur in den Vereinigten Staaten von Nordamerika eine lokale Wichtigkeit erlangt. Es entströmt dort in grofsen Mengen einzelnen Bohrlöchern für Petroleumgewinnung [3]). Das zuerst

---

[1]) Siehe Aufsatz von Oskar Simmersbach in Stahl u. Eisen 1898, S. 1078.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1900, S. 424.

[3]) Der Van Buren-well, Ohio, entströmten 1887 täglich 14 980 000 Kubikfufs Gas. Die Gesamtproduktion der Gasquellen um Pittsburg betrug täglich

Digitized by Google

verwendete kam aus einer 1200 Fufs tiefen Quelle (well) bei Leechburg und wurde 1873 auf dem Sibiria-Walzwerk von Rogers und Burchfield zu Leechburg, Armstrong County, Pa., zur Eisenfabrikation verwendet. 1879 wurden bereits alle Puddel-, Schweifs- und Kesselöfen ausschliefslich mit Naturgas betrieben und bald folgten andere Eisenwerke dem Beispiel, so zwischen 1874 und 1881 Spring, Chalfont & Co. und Graff, Benett & Co. in Alleghany County und das Walzwerk zu Kittaning in Pennsylvanien, ferner die Millvallhütte und die Etnahütte, wohin 1875 das Gas durch eine lange Leitung geführt wurde.

Seit 1881 wurde der Betrieb mit Naturgas auf vielen Werken in Pennsylvanien, Ohio, Indiana und West-Virginien üblich. 1883 legte man die erste lange Leitung nach Pittsburg; seitdem hat der Verbrauch von Naturgas aufserordentlich zugenommen. 1884 wurden 6 Walzwerke nur mit Naturgas betrieben, 1886 bereits 68, 1887 96 und im November 1889 104. Seitdem ist wieder eine Abnahme des Naturgasbetriebes eingetreten. Carnegie verwendete es auf dem Edgar-Thomson-Stahlwerk. Nach Kittaning wurde das Naturgas in einer vierzölligen Rohrleitung von drei engl. Meilen Länge geleitet und unter 18 Puddelöfen verteilt. Trotz der langen Leitung strömte es noch mit starkem Druck aus. Die Puddler arbeiteten mit Vorliebe mit Naturgas, weil es die Arbeit erleichterte, wenig Abbrand, also mehr Gewicht und wegen der Reinheit des Brennstoffs besseres Eisen gab.

Früher als das Naturgas verwendete man künstlich erzeugtes Petroleumgas. Mit solchem wurde bereits 1871 in Ohio versuchsweise gepuddelt. Ein grofser Fortschritt war die Einführung des Petroleumdampfgenerators von Eames 1875 für Schweifsöfen zu Jersey City, Pa. 1884 stellte die Vapor Fuel Company in Pittsburg in einem verbesserten Apparat ein vorzügliches Petroleumgas, welches sie Thermogen nannte, dar. Dasselbe wurde auf den Norway-Ironworks mit bestem Erfolg zur Kesselheizung, sowie in Puddel-, Stahl- und Schweifsöfen verwendet. Es hatte eine aufserordentliche Heizkraft und doch konnte der Arbeiter die Flammen im Moment zum Verlöschen bringen. Das künstlich erzeugte Petroleumgas hat in Südrufsland als Masut- oder Naphthafeuerung in letzterer Zeit Bedeutung erlangt[1]).

Bei dem aus den gewöhnlichen Brennstoffen, Holz, Torf- und

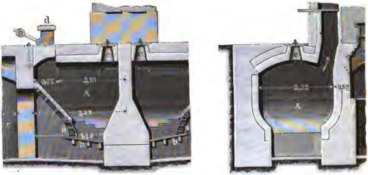
---

182 Millionen, die der Quellen Ohios 160 Millionen Kubikfufs. Die Philadelphiagesellschaft in Pittsburg hatte 1887 58 Gasquellen und 971 203 engl. Fufs Röhrenleitung.

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1896, S. 915.

Steinkohlen erzeugten Gas (Generatorgas) unterscheidet man Leuchtgas und Wassergas. Ersteres wird in Gaserzeugern (Generatoren) mit trockener Luft gewonnen. In gewissem Sinne kann jede Rostfeuerung als Gaserzeuger angesehen werden, doch versteht man im engeren Sinne nur die Apparate darunter, in denen die Gaserzeugung getrennt von der Verbrennung stattfindet. Von diesen haben die mit Steinkohlen betriebenen die gröfste Wichtigkeit erlangt. Sie zerfallen in zwei Gruppen, in solche mit natürlichem und solche mit künstlichem Luftzug. Während die älteren Holzgasgeneratoren meist mit Gebläsen betrieben wurden, kam bei der Steinkohlengaserzeugung in den Siemens-Generatoren, welche sich sehr gut

Fig. 146.



bewährten und deshalb Anfang der siebziger Jahre grofse Verbreitung fanden, der natürliche, d. h. der Essenzug zur Anwendung. Fig. 146 zeigt die ältere Konstruktion, wobei vier Kammern zu einem System verbunden sind. Die Luft tritt durch einen liegenden und einen stehenden Rost (*b*, *a*) ein. Die Füllung erfolgt durch den Füllschacht *d*, welcher mit einem Blechdeckel mit Wasserverschlufs geschlossen ist.

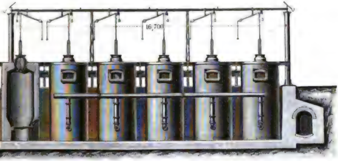
Swindell in Amerika und Sailler in Österreich konstruierten Gaserzeuger mit Wärmespeicher für kontinuierlichen Betrieb[1]). Diese Gaserzeuger in Verbindung mit Siemens' Regenerativfeuerung waren ein grofser Fortschritt. Aber dem System der Gaserzeuger mit Essenzug hafteten mancherlei Nachteile an. Sie bedurften guter Kohlen, hatten bei der geringen Rostfläche und dem schwachen Zug nur geringe Leistung; dabei gestattete der schwache Zug nur eine niedrige Brennmaterialschicht im Ofen, wodurch die Zusammensetzung

[1]) Siehe Kerpelys Fortschritte der Eisenhüttentechnik in 1894 von Th. Beckert, S. 60.

Digitized by Google

der Gase eine ungleichmäſsige wurde, und endlich muſste die Asche öfter entfernt und die Roste gereinigt werden, was mit Wärme- und Kohlenverlust, Unterbrechung des Betriebes und anstrengender Arbeit verknüpft war. Dazu kam noch, daſs man die Zuggeneratoren

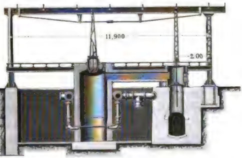
Fig. 147.



tiefer stellen muſste als die Öfen, in denen die Gase verbrannt wurden, was oft Schwierigkeiten und Kosten verursachte.

Aus diesen Gründen ging man bald wieder zu den mit Gebläsewind betriebenen Generatoren über, welche bei geringerem Brennmaterial stärkere Füllung gestatteten und mehr leisteten. Die Schlacke entfernte man aus diesen Öfen, die ähnlich wie kleine Hochöfen, nur ohne Erzbeschickung betrieben wurden, dadurch, daſs man sie schmolz und abstach. War die Schlacke für sich nicht schmelzbar, so setzte man Kalk zu. Nach diesem Prinzip wurden in den siebziger Jahren Gaserzeuger von Brook und Wilson, Tessié du Motay, W. Gorman, Carl Nehse, Kasowalsky, Pütsch, Pintsch, Schulz, W. Siemens, V. Tahon, Sutherland und anderen konstruiert[1]). Fig. 147, 148 zeigen einen von A. Sailler in Witkowitz 1884 erbauten Gaserzeuger

Fig. 148.



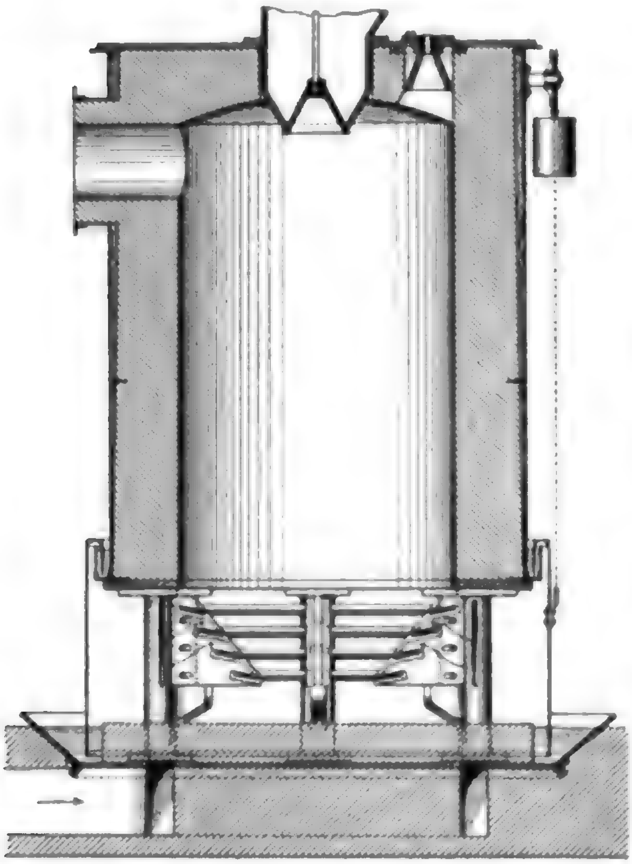
[1]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1881, S. 21.

Digitized by Google

mit Schlackenbetrieb, der ohne Beschreibung verständlich ist. Einen Gaserzeuger mit gegenüberliegenden Treppenrosten mit Abschlufs durch Aschenkegel und Glockenverschlufs konstruierte 1893 Blezinger (Fig. 149). In der Regel wurde eine Anzahl Generatoren zu einer Gruppe vereinigt.

Bei der Gaserzeugung in Generatoren findet die Entgasung der Steinkohlen und die Vergasung des Kohlenstoffs gleichzeitig statt. Durch die Entgasung wird viel Wärme gebunden und verlassen infolgedessen die Gase den Generator weniger heifs. Aus diesem Grunde erfanden Gröbe-Lürmann 1878 einen Gaserzeuger mit getrennter Ent- und Vergasung. Bei diesem vermischen sich erst nachträglich die Gase aus den beiden Räumen; derselbe ist aufserdem mit mechanischer Beschickungsvorrichtung versehen. Dieser Apparat[1]) hatte anfänglich nur bei der Gasfabrikation, später aber auch in der Eisenindustrie Eingang gefunden.

Fig. 149.



Allen genannten Gaserzeugern haftet der Mangel an, dafs das erzeugte Gas mit einer grofsen Menge Stickstoff aus der zugeführten atmosphärischen Luft vermischt ist, welcher den Hitzgrad der Flamme und damit die Wirkung derselben sehr vermindert. Man suchte ein an Brennstoff reicheres Gas durch Anreicherung mit Wassergas und Petroleumdampf zu erhalten. Diese Versuche hatten zuerst in den Vereinigten Staaten von Nordamerika Erfolg, indem es 1874 Strong zu Phönixville gelang, ein gutes Wassergas darzustellen. Es diente zunächst als Leuchtgas. Man war in Nordamerika auf diesen Weg der Gaserzeugung um so mehr hingewiesen, weil es an guten Gaskohlen fehlte, während die vorzüglichen Anthrazitkohlen und das Petroleum die besten Rohstoffe für die Wassergaserzeugung an die Hand gaben.

[1]) Siehe A. Ledebur, Die Gasfeuerungen, S. 59.

Dagegen hatten frühere Versuche in Europa keinen Erfolg gehabt. Lowe hatte schon 1832 vorgeschlagen, Wassergas durch Teer- und Petroleumdämpfe leuchtend zu machen. Kirkham war es 1859 gelungen, Wassergas in einem Ofen und nicht in Retorten herzustellen. Lowe arbeitete nach Strongs Erfolg mit diesem an der Lösung der Wassergasfrage und konstruierte einen Apparat. Strong in Brooklyn erhielt 1877 ein Patent hierfür. 1878 verbesserte Dwight den Loweschen Apparat. 1880 wurden in Amerika bereits 25 Städte, darunter Baltimore, Lancaster und andere mit Wassergas beleuchtet. In Europa hatte Tessié de Motay in Comines bei Lille 1875 und schon früher ausgedehnte Versuche zur Erzeugung reinerer Generatorgase gemacht, welche ihn ebenfalls auf die Erzeugung von Wassergas führten. Alle Apparate haben dasselbe Prinzip, dafs Wasserdampf mit glühenden Kohlen in unmittelbare Berührung tritt, dadurch in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird, welche sich mit Kohlenstoff zu Kohlenwasserstoff und Kohlenoxydgas verbinden. Strong erhitzte erst den Wasserdampf in Regeneratoren, leitete ihn durch schwere Kohlenwasserstoffe und dann den mit diesen gesättigten Dampf durch glühende Kohlen. Lowe erzeugte Wassergas und karburierte dieses hierauf durch schwere Kohlenwasserstoffe (Petroleumrückstände, Naphtha u. s. w.). Tessié de Motay leitete Gas- und Wasserdampf von normaler Sättigung durch eine Reihe hocherhitzter Retorten, in denen die Kohlenwasserstoffe verdampft wurden. Strong arbeitete mit zwei Schächten; der Wassergaserzeuger von Lowe-Dwight (1878) hatte drei getrennte Schächte, 1. einen Überhitzer für den Dampf, 2. den Gaserzeuger, 3. einen Überhitzer für die Luft. Luft und Dampf bewegten sich in entgegengesetzter Richtung. Dabei wurde alle 5 bis 10 Minuten gewechselt, so dafs immer einmal nur Luft, dann nur Wasserdampf durchströmte. Die Gase, die natürlich in ihrer Zusammensetzung verschieden waren, konnte man getrennt auffangen oder in einem Sammler mischen. Das Wassergas hatte etwa die vierfache Heizkraft des Generatorgases, aber nur die einhalbfache des Leuchtgases. Das Gas kann mit gröfserem Nutzeffekt verbrannt werden als der feste Brennstoff. Es gab eine sehr heifse Flamme und bewährte sich vortrefflich zum Schmelzen.

In Deutschland erwarb sich Quaglio Verdienste um die Einführung des Wassergases und konstruierte 1880 einen Apparat, der dem von Dwight ähnlich war und vier Abteilungen hatte. Bunte in München erzeugte 1883 Wassergas in Koksgeneratoren.

Wir erwähnen weiter die Wassergaserzeuger von Granger,

Hanlon und Leady, C. W. Sutherland in Birmingham, die 1886 an verschiedenen Plätzen in England errichtet wurden.

Sutherland erhielt aus einer Tonne Staffordshire-Kohle 55 000 Kubikfufs Gas von der Zusammensetzung:

57 Tle. Wasserstoff und Kohlenwasserstoff,
35 „ Kohlenoxydgas,
8 „ Kohlensäure und Stickstoff

100 Tle.

Ferner nennen wir die Apparate von Forbacky und Sólcz in Österreich (1883), von der Wassergas-Aktiengesellschaft (1887), von Holtzer und A. Rateau zu Royan in Frankreich und von Arthur Kitson in Amerika (A. P. Nr. 53 823 vom 27. Januar 1890). 1888 wurden, nach Quaglio, über 200 Städte in Nordamerika mit Wassergas beleuchtet. Es war dies mit Kohlenwasserstoffen karburiertes Anthrazit-Wassergas. Wie sehr das Wassergas das gewöhnliche Generatorgas übertraf, zeigen die nachfolgenden Zahlen (von A. Blafs 1888):

Zusammensetzung	Siemensgas	Wassergas
Kohlensäure	1,7	4
Kohlenoxyd	31,7	40
Wasserstoff	2,8	50
Stickstoff	63,8	6
	100	100

	Siemensgas	Wassergas
Wärmeeffekt für 1 cbm	985 Kalorien	2820 Kalorien
„ „ 1 kg	796 „	3368 „
Pyrometer-Wärmegrade	1800° C.	2717° C.

Trotz der grofsen Vorzüge des Wassergases war dasselbe wenigstens in Europa für den hüttenmännischen Betrieb zu teuer. Es erforderte zu seiner Darstellung sehr reine Brennmaterialien, Koks oder Anthrazit, und teure Anlagen. Bei dem Umsteuern entstanden Gasverluste oder geringwertige Gase, die sich schlecht verwenden liefsen.

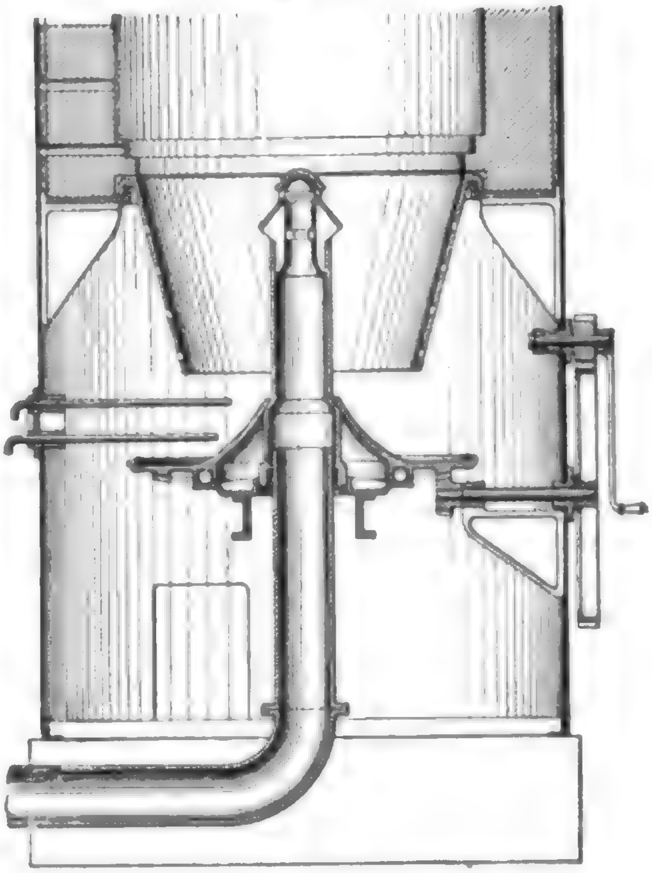
Mit gröfserem ökonomischen Vorteil liefs sich ein Mischgas herstellen, welches bei kontinuierlichem Betriebe in Gasgeneratoren in

Digitized by Google

der Weise hergestellt wurde, dafs man nur so viel Wasserdampf zuleitete, als der fortgesetzte Betrieb der Gaserzeuger gestattete. Die Menge des Wasserdampfes konnte gesteigert werden durch vorausgehende Erhitzung der Luft und des Dampfes. In dieser Richtung hat sich denn auch die Darstellung der Heizgase in dem letzten Jahrzehnt hauptsächlich entwickelt.

Der englische Ingenieur Emerson Dowson hatte 1881 zuerst ein Verfahren zur Erzeugung von Motor- und Heizgasen durch gleichzeitiges Überleiten von Luft und Wasserdampf über glühende Kohlen veröffentlicht. Man nannte infolgedessen dieses Gas Dowsongas[1]); F. Fischer gab ihm später den Namen Mischgas. F. W. Lürmann hatte aber bereits 1869 auf der Georg-Marienhütte zu Osnabrück den gleichen Vorschlag gemacht[2]). Ein normales Mischgas hat folgende Zusammensetzung: Wasserstoff 18,4, Methan 0,6, Kohlenoxyd 26,8, Kohlensäure 7,2, Stickstoff 4,70 Prozent. Es wird in der Weise erzeugt, dafs man durch einen Injektor mit Wasserdampf Luft in einen mit glühenden Kohlen beschickten Generator einbläst.

Fig. 150.



1889 hatte dieses Gas bereits ausgedehnte Anwendung gefunden[3]), besonders in Witkowitz und Hörde in Martinöfen, in dem Blechwalzwerk von Schultz-Knaudt bei Essen, in Leeds zum Schweifsen von Eisenröhren, in Finsterwalde u. s. w. Von neueren Apparaten[4]) zur Erzeugung von Mischgas erwähnen wir den von J. W. Taylor in New Jersey, von dem 1893 bereits 157 in den Vereinigten Staaten im Betriebe standen. Derselbe wird am besten mit einem Fichet-Heurteyschen Wechselapparat, bei dem Luft und Dampf vorgewärmt werden (Fig. 150), verbunden. Dampf und Luft werden durch ein

[1]) Siehe Stahl u. Eisen 1893, S. 398. — [2]) Daselbst 1888, S. 831; 1892, S. 477. — [3]) Daselbst 1889, S. 921, 993. — [4]) A. a. O. 1894, S. 952.

Digitized by Google

Dampfstrahlgebläse von unten mitten in den Ofen eingeblasen. Aufserdem sind diese Gaserzeuger mit Wasch- und Reinigungsapparaten und endlich mit einem Gasometer versehen. Schmidhammer schlug 1894 Doppelöfen zur Mischgaserzeugung vor.

Ein wichtiges Brennmaterial für den Eisenhüttenmann sind die dem Hochofen entweichenden Gichtgase. Sie haben den Nachteil, dafs sie einerseits durch mitgerissene feste Teile, Gichtstaub, verunreinigt, andererseits durch einen hohen Gehalt an Stickstoff (ca. 68 Gewichtsprozente), Kohlensäure (ca. 17 Gewichtsprozente) und Wasserdampf (ca. 10 Gewichtsprozente) verdünnt sind. Der Gichtstaub wird durch Staubfänger und Waschvorrichtungen, worauf wir später zurückkommen werden, entfernt. Der Wasserdampf läfst sich durch Abkühlen niederschlagen, wobei allerdings die mitgeführte Wärme verloren geht. Um die Kohlensäure, welche durch die Reduktion der Erze im Ofen entstanden ist, wieder in Kohlenoxydgas zurückzuführen, hat man das Durchleiten der Gase durch glühende Kohlen vorgeschlagen. Besonders hat Josef von Ehrenwerth 1883 die Regenerierung der Hochofengase in einer besonderen Schrift behandelt [1]). Auch der Wasserdampf wurde hierbei zersetzt und nutzbar gemacht. Trotzdem hat diese Regenerierung der Hochofengase bis jetzt keine Anwendung gefunden. Neuerdings ist aber durch das Bestreben, die Hochofengase unmittelbar zur Krafterzeugung zu verwenden, wieder die Aufmerksamkeit hierauf gelenkt worden [2]).

Über die Gasfeuerungsanlagen werden wir erst später bei den Fortschritten der Eisen- und Stahlbereitung Mitteilung machen.

Dafs auch die Elektrizität unter Umständen zur Wärmeerzeugung benutzt wird und dafs durch die Umsetzung des elektrischen Stromes in Wärme bis dahin unerreichte Hitzegrade erzeugt werden können, haben wir bereits erwähnt.

In der Regel ist der Kohlenstoff in den verschiedenen Formen, in denen uns ihn die Natur bietet, der gebräuchliche Brennstoff für uns. Jeder elementare Körper, der sich mit Sauerstoff verbindet, kann aber als Wärmeerzeuger dienen. In diesem Sinne wirken Silicium bei dem sauren und Phosphor bei dem basischen Bessemerprozefs. Aber auch durch blofse Umsetzung eines Metalls mit dem Oxyde eines anderen, das eine niedrigere Verbrennungswärme erzeugt, kann nutzbare Wärme frei werden. Hierauf beruht das neue Ver-

---

[1]) von Ehrenwerth, Die Regenerierung der Hochofengase, Leipzig 1883, bei Arthur Felix.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1898, S. 1140.

fahren der Wärmeerzeugung mittels Aluminium von Dr. Hans Goldschmidt[1]) (Aluminothermie), das dadurch von praktischer Bedeutung wird, dafs es hohe Hitzegrade an Stellen erzeugt, die sonst der Erwärmung schwer zugänglich sind, wodurch die Möglichkeit gegeben ist, Eisenteile, z. B. Eisenbahnschienen, am Orte ihrer Verwendung zusammen zu schweissen.

Hochöfen und Hochofenbetrieb.

Wenden wir uns zu den Fortschritten im Hochofenbetrieb und zwar zunächst zu den Vorarbeiten dafür.

Über die Erze ist im allgemeinen zu bemerken, dafs die Flufseisenfabrikation eine steigende Verwendung reiner, reichhaltiger, überseeischer Erze zur Folge hatte, die in steigendem Mafse von den mächtigen Erzlagerstätten bezogen wurden; besonders ist Spanien ein Erzmarkt für die ganze Welt geworden. Die Erfindung des Thomasprozesses hat den Wert und die Verwendung der früher gemiedenen phosphorhaltigen Erze aufserordentlich gesteigert. Dadurch sind die ausgedehnten Lager der reichen, phosphorhaltigen Erze Schwedens zu grofser Bedeutung gelangt. Ferner sind durch denselben die phosphorhaltigen, eisenreichen Schlacken der Schweifseisenfabrikation, besonders die bis dahin fast wertlosen Puddelschlacken gesuchte Eisenerze geworden. Dasselbe gilt von den Kiesabbränden der Schwefelsäurefabrikation aus Schwefelkiesen, dem sogenannten Purpurerz (purple ore), welches seines hohen Eisengehaltes wegen zur Anreicherung der Beschickung gefragt ist.

Die chemische Analyse der Erze hat seit 1870 Fortschritte gemacht in Bezug auf Sicherheit und Raschheit der Methoden. Einzelanalysen wurden in grofser Zahl veröffentlicht. Zusammenstellungen von Erzanalysen finden sich in den Handbüchern von Wedding[2]), Dürre und Ledebur, sowie in den Fachzeitschriften, wie z. B. in Iron (1888), Bd. 31, S. 206 und 358.

Lowthian Bell hat zuerst darauf hingewiesen, dafs gewisse Eisenerze sich leichter zu metallischem Eisen reduzieren als andere von ähnlicher chemischer Zusammensetzung und dafs die leichte Reduzierbarkeit den Wert der Erze beeinflufst. Die schwedischen Metallurgen R. Åkerman und D. H. Tholander haben hierfür 1874,

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1898, S. 1010.

[2]) Siehe besonders H. Weddings Handbuch der Eisenhüttenkunde, 2. Auflage, Bd. II, 1897, S. 56 bis 61, 82 bis 117, 128 bis 144, 152 bis 154, 161 bis 170, 173 174, 178 bis 180, 183, 192 bis 195, 198, 223 bis 225.

Digitized by Google

und C. G. Särnström in den achtziger Jahren Versuche veröffentlicht. J. Wiborgh hat 1887 eine Methode für die Bestimmung der Reduzierbarkeit der Eisenerze angegeben [1]).

Um die Verbesserung der Apparate zum Zerkleinern der Eisenerze, der Erzwalzwerke, Kollergänge, Erzquetschen oder Steinbrecher und Kugelmühlen hat sich Hermann Gruson (geb. 13. März 1821, gest. 31. Januar 1895) und das Grusonwerk (jetzt Friedrich Krupp) grofse Verdienste erworben.

Auf die Ausbreitung der elektromagnetischen Aufbereitung haben wir bereits hingewiesen. Dieselbe wurde in Schweden, in Spanien, zu Allevard und Creuzot in Frankreich, zu Traversella in Italien, zu Oberlahnstein, Hamborn und Oberschlesien in Deutschland, mit dem gröfsten Erfolge aber in Nordamerika angewendet. Die Erze müssen, wenn sie nicht von Natur paramagnetisch sind, meistens erst geröstet werden. Man wendet dauernde Magnete oder Elektromagnete an. Von den vielen Apparaten für die magnetische Aufbereitung erwähnen wir den von Werner von Siemens von 1880, von Wernström [2]) in Örebro 1885, von H. Kefsler 1886 (D. R. P. Nr. 33587), Edison, Ball & Norton [3]) G. Conkling in Glenfalls (New York), von Beuther 1890 (D. R. P. Nr. 52292) und von Max Patzig 1896 (D. R. P. Nr. 86513).

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika waren um 1893 folgende Systeme der magnetischen Aufbereitung in Anwendung:

1. Der Separator von Conkling auf der Tilly-Forster-Grube. Derselbe besteht in der Hauptsache aus einem 700 mm breiten Riemen, der über zwei Scheiben läuft. An der oberen befindet sich ein Elektromagnet mit alternierender Polarität. Ein Wasserstrom spült die unmagnetischen Erzteile weg, während die magnetischen mit dem Riemen nach oben geführt werden.
2. Buchanans Separator, bei dem zwei gufseiserne Cylinder die Elektromagneten bilden.
3. Der Apparat von Edison arbeitete 1890 vortrefflich in Ogden. Ein sehr starker Magnet beeinflufst die fallenden Körner in ihrer Fallrichtung, so dafs sie vor oder hinter eine Scheidewand fallen. Hierauf folgt die eigentliche Separation.
4. Ball-Nortons Apparat (1891) ist ähnlich Nr. 2.

---

[1]) Siehe Teknisk. Tidskr. 1887, S. 89; R. Wagners Jahresbericht für 1887, S. 236; Stahl und Eisen 1888, S. 15.

[2]) Resultate in Schweden nach Nordenström in Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1892, S. 485.

[3]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1890, S. 422.

Digitized by Google

5. Der Separator von Hoffmann arbeitet auf der Croton-Grube[1]).
6. Der von Lowett-Finney auf der Weldon-Grube, er ist ähnlich dem von Wernström[2]) in Schweden.
7. Der Chase-Separator.

Eine neue Vorrichtung zur magnetischen Trennung hat Th. Heberle erfunden (D. R. P. Nr. 103024).

Zur Entfernung des thonigen Schlammes mancher Eisenerze bedient man sich der Wasserspülung, die z. B. auf der Ilseder Hütte seit Anfang der siebziger Jahre in grofsen eisernen Waschtrommeln vorgenommen wird. Ähnlich ist die Wäsche, die Carl Schwarz 1887 zu Reschitza für die thonigen Erze von Moravitza eingerichtet hat, wobei er einen hochgeprefsten Wasserstrahl anwendete. In England wendete man 1885 die Waschkasten (scrubbers) von J. Alexandre und Mc'Coch und die Waschräder von Young und Beilby an.

Von den später eingeführten Apparaten ist der Wetherill-Separator hervorzuheben[3]), mit dem die Erze ungeröstet aufbereitet werden können. Eine Aufbereitungsanlage nach dem System Wetherill befindet sich in Deutschland auf der Grube Lohmannsfeld im Siegerland.

1897 legte Edison eine grofsartige magnetische Aufbereitungsanlage in New Jersey[4]) an, in der die geringwertigen Magneteisenerze angereichert und in Briketts verarbeitet werden.

Zu Pitkäranta in Finland erzielte man mit der elektromagnetischen Scheidung von Gröndall-Dellwik[5]) gute Resultate. Die Erze werden in Kugelmühlen gemahlen, in dem elektromagnetischen Erzscheider konzentriert, in Ziegelpressen brikettiert und dann die Briketts in einem Kanalofen gebrannt und alsdann im Hochofen verschmolzen.

Das Rösten der Erze geschah meistens in Schachtöfen (Kilns) mit Steinkohlenklein oder in Gasöfen (Flammenschachtröstöfen). Ersteres war in England und Amerika Anfang der siebziger Jahre allgemein üblich und zwar in sehr geräumigen Öfen. Gjers Säulen-

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1893, S. 675.

[2]) Siehe Wedding, Handbuch etc. II, 309.

[3]) Siehe Engineering and Mining Journal, Vol. LXII; Stahl und Eisen 1897, S. 209; 1898, S. 133, 1151; D. R. P. Nr. 92212; Wedding, Handbuch, II, S. 310. Ein Wetherill-Apparat, von Grillo gebaut, ist in Hamborn in Anwendung.

[4]) Siehe Stahl und Eisen 1898, S. 133.

[5]) Daselbst 1899, S. 271.

röstöfen mit Abrutschkegel zu Middlesborough[1]) wurden durch pneumatische Aufzüge bedient. In Österreich konstruierte Jacobi einen Säulenröstofen mit besonderer Luftverteilung. Sehr grofse Röstöfen zu Gora Blagodat im Ural beschrieb Tunner 1871. Man baute 1874 daselbst Flammröstöfen, die äufserlich den Rachetteschen Hochöfen ähnlich waren. Sie waren länglich-viereckig und hatten eine Anzahl Feuerungen, die wie die Formen bei dem Rachetteofen verteilt waren. Die Feuerung geschah mit Holz, die Füllung betrug 106 Tonnen.

Gasröstöfen waren in Schweden und in Österreich zu Anfang der siebziger Jahre sehr verbreitet; doch begannen dieselben seit der Mitte der siebziger Jahre sich auch in England einzuführen, wo W. Siemens, Howson und Wilson 1874 Patente auf Gasröstöfen genommen hatten[2]). Die Röstöfen von Howson und Wilson wurden im Clevelanddistrikt eingeführt.

In Steiermark wurden auf dem Sefslerschen Werke zu Fridau verbesserte Gasröstöfen von K. Moser[3]) erbaut. Gasröstöfen mit Regenerativfeuerung wurden 1878 von Schneider & Co. in Creuzot eingeführt. Die Westmanschen Röstöfen[4]) in Schweden, welche durch Verbrennung von Hochofengasen mit Gebläsewind geheizt werden, wurden 1881 mit selbstthätiger Aufgebevorrichtung versehen. Um 1887 erfand Dillner in Schweden einen besonderen Flammröstofen für schwefelhaltige Eisenerze[5]).

1888 nahm M. M. Blair in Paris ein deutsches Patent (D. R. P. Nr. 44115) auf einen Röstofen; desgleichen etwas später H. C. Bull in London (D. R. P. Nr. 46759) auf einen Ofen mit doppelten beweglichen Rosten. In Amerika hatten 1890 verbesserte Westmansche Schachtöfen mit Gasfeuerung von Davis-Colby[6]) besonders in Alabama Eingang gefunden.

Diese Öfen, bei denen der Gasverbrennungsraum den Röstraum ringförmig umgiebt, wurden neuerdings von Ch. J. Christian noch verbessert[7]).

Eine ganz neue Art der Röstung ist die Röstung zum Zweck der Magnetisierung der Eisenerze als Vorbereitungsarbeit für die magnetische Aufbereitung. Diese kann nach der Art der Erze eine

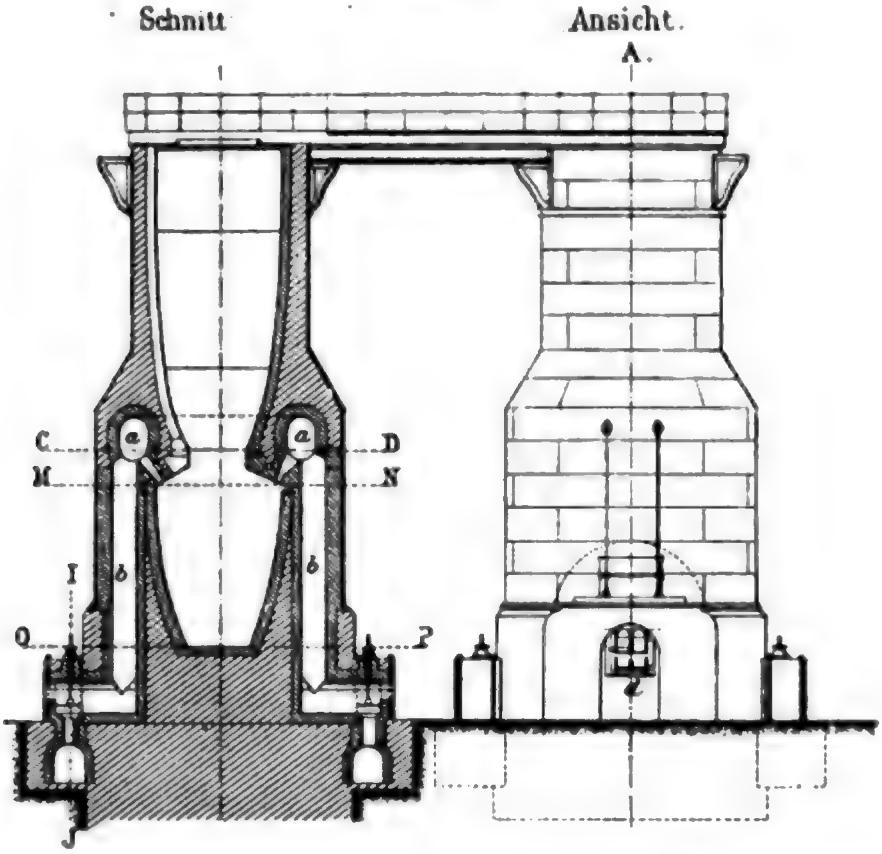
---

[1]) Siehe Wedding, Handbuch etc. 1898, II, Fig. 115.
[2]) Siehe Kerpely, Die Anlage der Eisenhütten 1884, Taf. XLII und XLIII.
[3]) Siehe Kerpely, a. a. O., Taf. LI, Fig. 1 u. 2.
[4]) Siehe Wedding, Handbuch 1898, II, S. 327, Taf. XVII.
[5]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1887, S. 295.
[6]) Siehe Wedding, Handbuch 1898, II, Fig. 138.
[7]) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 774.

Digitized by Google

oxydierende oder eine reduzierende sein. Der Zweck ist, eine magnetische Sauerstoffverbindung herzustellen. Eine oxydierende Röstung ist nötig bei den Eisenkarbonaten, wie z. B. zu Allevard in Frankreich [1]), eine reduzierende bei den Roteisensteinen, z. B. zu Birmingham in Alabama [2]). Diese reduzierende Röstung der Roteisensteine wird am besten mit einem Gemisch von Kohlenoxyd- und Wasserstoffgas, dem gewöhnlichen Wassergas (Dawsongas) ausgeführt.

Fig. 151.



Die magnetische Röstung wird hauptsächlich für die Trennung von Zinkblende oder Galmei von Spateisenstein, wie dies in der Nähe von Santander in Nordspanien geschieht, angewendet. Die dafür benutzten Röstöfen sind in Fig. 151, 152 (a. f. S.) dargestellt [3]). Zu Allevard in Frankreich werden die feinen Erze teils in Zickzacköfen (fours à chicanes), teils in Kanalöfen (fours rampants) geröstet [4]). Die groben Erze werden in Ringöfen mit Hochofengasen geröstet.

[1]) Siehe Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleifses 1895, S. 353.

[2]) Phillips in den Transactions of the Institute of American Mining Engineers, Atalanta Meeting, Oktober 1895; Wedding, Handbuch der Eisenhüttenkunde 1898, II, S. 455.

[3]) Siehe Wedding, Handbuch der Eisenhüttenkunde 1898, II, Fig. 152, 153.

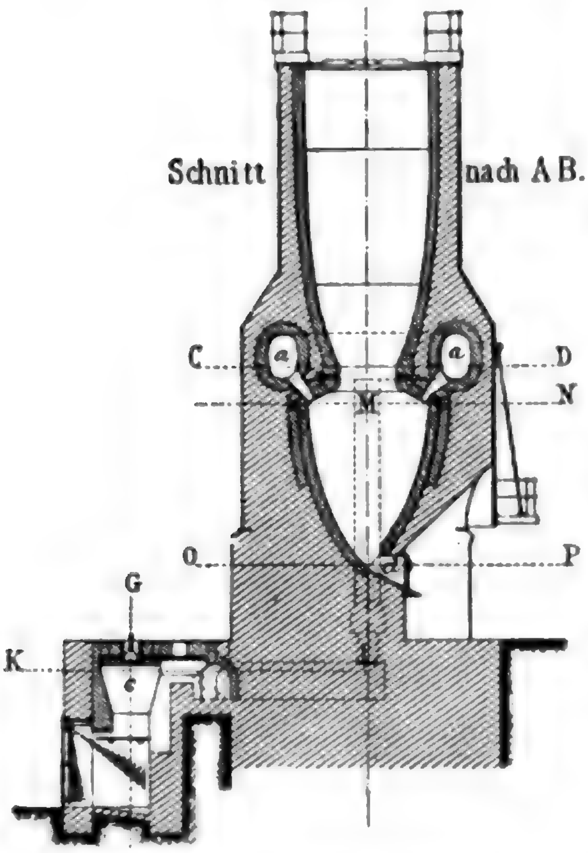
[4]) Siehe Wedding, a. a. O., S. 465 bis 468, wo diese Öfen beschrieben und abgebildet sind.

Digitized by Google

Eine Auslaugung gerösteter phosphorhaltiger Erze mit schwefligsäurehaltigem Wasser zur Entfernung der Phosphorsäure führte Jacoby 1871 zu Kladno in Böhmen ein. Dieselbe blieb nicht ohne Erfolg bis 1881 im Betriebe, wurde dann aber nach Einführung des Thomasverfahrens überflüssig.

Winderzeugung und Winderhitzung sind die wichtigsten Hülfsmittel für den Hochofenbetrieb. Die Winderzeugung wird bewirkt durch die Gebläse. Bei dem Hochofenbetriebe kommen nur Cylindergebläse in Anwendung. Die älteste Form derselben, die Balanciermaschine, die sich in England lange allein behauptet hatte, wurde mehr und mehr von den durch John Gjers in den sechziger Jahren in Cleveland eingeführten direkt wirkenden, stehenden Gebläsen mit einer Kurbelstange („Clevelandmaschine") verdrängt. Bei diesen befindet sich der Dampfcylinder über dem Gebläsecylinder, dessen oberer Deckel zugleich die Fufsplatte für den Dampfcylinder bildet, die gemeinschaftliche Kolbenstange ist unter dem Gebläsecylinder mit der Kurbelstange, welche die Schwungradwelle bewegt, verbunden. Man giebt diesen Maschinen keinen grofsen Hub (ca. 1200 mm), damit der Aufbau der Maschine nicht zu hoch wird, aber grofse Durchmesser (ca. 1000 und 2500 mm bei Dampf und Windcylinder) und verbindet zwei oder drei miteinander. Bei Zwillingsgebläsen werden die Kurbeln zu 180°, bei Drillingsmaschinen zu 120° gegeneinander gestellt. Die Zwillingsmaschinen von Kitson & Co. in Leeds bewährten sich besonders gut.

Fig. 152.



Auf dem Kontinent fand dagegen der Typus der stehenden, direkt wirkenden Gebläse mit doppelten Kurbelstangen von Seraing, wie schon im vorhergehenden Jahrzehnt, so auch in den siebziger Jahren, gröfsere Verbreitung. Bei diesen befindet sich das Querhaupt, das mit den beiden Kurbelstangen, welche die beiden Schwungräder bewegen, verbunden ist, zwischen Dampf- und Gebläsecylinder und

Digitized by Google

der Dampfcylinder steht über dem Gebläsecylinder. Diese Maschinen haben im Verhältnis grofsen Hub, z. B. 2,5 m bei 2,5 m Durchmesser des Gebläsecylinders.

Die ganze Anordnung, die sich ebenfalls sehr in die Höhe aufbaut, eignet sich nur für eincylindrige Maschinen, was manche Nachteile hat, wie das Bedürfnis sehr grofser Cylinder, der Gegengewichte zur Ausgleichung des rascheren Niederganges u. s. w. Versuche zu Hubertushütte und zu Vorwärtshütte in Schlesien, stehende, direkt wirkende Maschinen ohne Schwungrad zu betreiben, hatten keinen günstigen Erfolg.

Die Vorliebe für die stehenden Maschinen war durch den geringeren Platzbedarf von ca. 5 : 14 und die geringeren Kosten hervorgerufen.

Neben den stehenden Maschinen erhielten sich aber auch namentlich auf dem europäischen Kontinent liegende Maschinen, die meistens als Zwillingsmaschinen mit gemeinschaftlichem Schwungrad gebaut wurden. Um das Durchbiegen der Achse und das einseitige Ausschleifen der Cylinder zu vermeiden, machte man die Achsen sehr dick und hohl, wie z. B. bei der Gebläsemaschine von 200 Pfdkr. auf der Hütte von Maizières-les-Metz, und den Gebläsekolben aus Blech, wie zu Creuzot. Beide Maschinen stammen aus den siebziger Jahren. Die liegende Zwillingsmaschine von Hörde hatte Windcylinder von 2200 mm Durchmesser, 2000 mm Hub, bei 18 bis 20 Umdrehungen und 4,5 bis 5 Pfund Druck auf den Quadratzoll. Die 1887 von der Friedrich-Wilhelmshütte bei Mühlheim a. d. Ruhr für Hörde gebaute Zwillingsmaschine ohne Kondensation von 3000 Pfdekr. saugte ca. 1000 Kubikmeter Luft in der Minute und lieferte Wind von 11 Pfund Druck. Die hohle Gebläsekolbenstange hatte 400 mm Durchmesser. Sie galt damals als die gröfste und leistungsfähigste Gebläsemaschine in Deutschland.

Gjers führte in den siebziger Jahren eine Verbesserung bei den Gebläsemaschinen ein, welche darin bestand, dafs die Einlafsklappen die Luft mittels eines Blechrohres von aufserhalb des Gebläsehauses entnahmen, da die Luft im Maschinenraum meist warm und feucht war.

In Amerika gab man den Seraingmaschinen, d. h. Einzelmaschinen mit unterliegender Schwungradwelle und zwei Kurbelstangen, für welche die Naben der beiden Schwungräder als Kurbelscheiben dienten, den Vorzug. Die Hauptabmessungen von F. W. Gordons

Normalgebläse [1]) nach dieser Konstruktion waren: Durchmesser des Dampfcylinders 1067 mm, des Gebläsecylinders 2134 mm, Hub 1524 mm. Die amerikanischen Gebläse hatten aber durchgehends einen rascheren Gang als die europäischen. Die obige Maschine machte 40 Umdrehungen in der Minute und saugte dabei 425 Kubikmeter Luft an. Der ausgeblasene Wind hatte bis zu 15 Pfund Pressung auf den Quadratzoll (1,05 kg auf den Kubikcentimeter).

In der Weltausstellung zu Philadelphia 1876 waren bereits Gebläse nach dieser Anordnung als „Schnellläufer", mit 100 Touren in der Minute, ausgestellt gewesen. Sie waren von der Maschinenfabrik von Weimer gebaut und für die Libanon-Eisenwerke in Pennsylvanien bestimmt. Diese Gebläse wurden vielfach eingeführt, bewährten sich aber nicht. Man ermäſsigte deshalb die Umdrehungszahl und baute die Maschinen stärker, wodurch man zu der oben beschriebenen Normalmaschine kam. Die Einführung der kurzhubigen, schnell laufenden Gebläsemaschine stand mit der groſsartigen Umwälzung des amerikanischen Hochofenbetriebes in engster Beziehung. Danach trat aber lange Zeit ein Stillstand in der Entwickelung der amerikanischen Gebläsemaschinen ein. Edward P. Albis & Co. in Milwaukee, Wiskonsin, bauten stehende Verbund-Zwillingsmaschinen, z. B. für die Reliancehütte, welche sich gut bewährten und auch in den Edgar-Thomson-Stahlwerken eingeführt wurden. Auch brachte man Gitterschieber statt der Windklappen und Ventile an.

In den neunziger Jahren wurden horizontale Verbundmaschinen mit gesteuerten Windventilen gebaut und empfohlen [2]), bewährten sich aber mehr für Bessemer- als für Hochofengebläse. Die Einführung des Verbundsystems bewirkte aber eine groſse Steigerung der Leistung der Gebläsemaschinen.

Die richtige Konstruktion der Abschluſsorgane der Gebläsemaschinen ist von gröſster Wichtigkeit. Anstatt der Gummiventile und Lederklappen hat man mit Erfolg Stahlblechklappen angewendet. Ringklappen mit Spiralfedern wendete die Kölnische Maschinenfabrik bei Hochofen- und Bessemergebläsen seit 1882 an [3]). Ein von der Maschinenfabrik L. Láng in Budapest als „gelenkte Stahlringklappe" bezeichnetes Gebläseventil, welches zuerst im Jahre 1895 bei dem neuen, liegenden Hochofengebläse des ungarischen Eisen- und Stahlwerks in Vajda-Hunyad zur Anwendung kam, soll sich gut bewährt

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1892, S. 465.
[2]) Daselbst 1893, S. 729; 1894, S. 852.
[3]) Daselbst 1897, S. 1066.

Digitized by Google

haben[1]). Der Windabschlufs wird bei dem Saugventil durch eine Federstahlblech-Ringscheibe bewirkt. Saug- und Druckventile lassen sich während des Betriebes auswechseln.

Bei schnell laufenden[2]) und vertikalen[3]) Gebläsen bringt man die Ventile in Ringventilkästen an.

In Deutschland und Österreich fanden alle Systeme Verwendung. In welchem Verhältnis ergiebt sich aus nachfolgender Zusammenstellung von A. von Jehring[4]), der 1892 182 Gebläsemaschinen auf 89 Hochofenwerken auf ihre Bauart untersuchte.

	Gebläsemaschinen			Summe
	Balancier-	Stehende	Liegende	
Rheinland-Westfalen . . .	13	40	41	94
Österreich-Ungarn	6	19	25	50
Oberschlesien	6	28	4	38
Summe	25	87	70	182
Kolbengeschwindigkeit pro Minute	1,245 m	1,226 m	1,287 m	—

Von diesen Maschinen waren sieben mit gesteuerten Ventilen (System Riedler) versehen.

Die Frage, ob stehende oder liegende Gebläsemaschinen, ob Einzelmaschinen oder Zwillings- und Drillingsmaschinen vorzuziehen sind, ist vielfach erörtert worden, sowohl in Europa wie in Amerika, ohne zu einem übereinstimmenden Ergebnis zu führen. Alle diese Typen finden Anwendung[5]).

Das amerikanische Prinzip, jedem Hochofen seine eigene Gebläsemaschine und Windzuführung zu geben, findet auch bei den neuen Anlagen in Europa mehr und mehr Beifall.

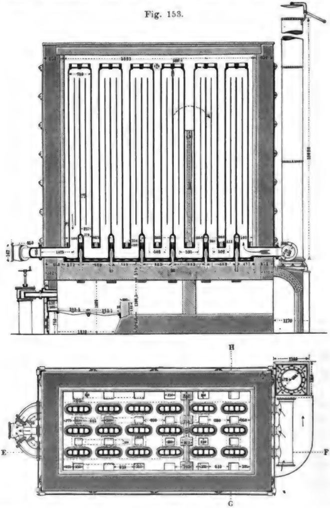
Eine gute und ausreichende Winderhitzung ist eine Lebensfrage für eine moderne Hochofenhütte und man hat derselben in den letzten 35 Jahren die gröfste Aufmerksamkeit zugewendet. Im allgemeinen läfst sich sagen, dafs die steinernen Winderhitzer über die eisernen den Sieg davongetragen haben. Der Grund hierfür liegt in

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1897, S. 941.
[2]) Von Grabau in Dahlbruch konstruiert.
[3]) Zu Donawitz.
[4]) Siehe Berg- und hüttenmänn. Jahrbuch der Bergakademie zu Leoben und Pribram 1892; Stahl und Eisen 1892, S. 1021.
[5]) Beschreibung neuer Gebläsemaschinen findet man Stahl und Eisen 1897, S. 132, 941; 1898, S. 21, 929; 1900, S. 35, 401.

Digitized by Google

der Thatsache, dafs man mit eisernen Winderhitzern dauernd im besten Falle eine Windwärme von ca. 500° C. erreicht, während steinerne

Fig. 153.



Apparate den Wind auf 750 bis 800° C. erhitzen. Die Heizung geschieht allgemein nur noch durch die Hochofengase.

Anfang der siebziger Jahre waren die eisernen Apparate noch weit mehr in Anwendung als die steinernen von Cowper und Whitwell. Da diese teurer in der Anlage waren und man eine

Digitized by Google

Windtemperatur von 500 bis 600° C. für vollständig ausreichend erachtete, so behielt man die eisernen Apparate bei und suchte sie

Fig. 154.

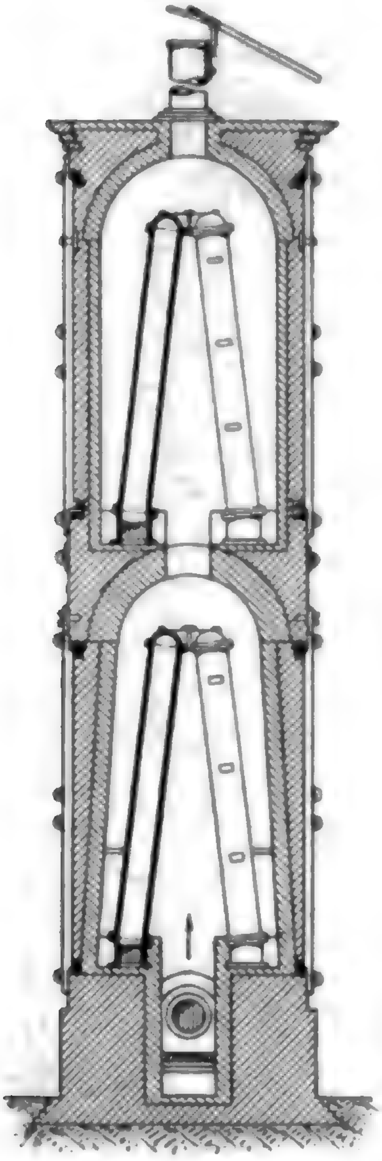
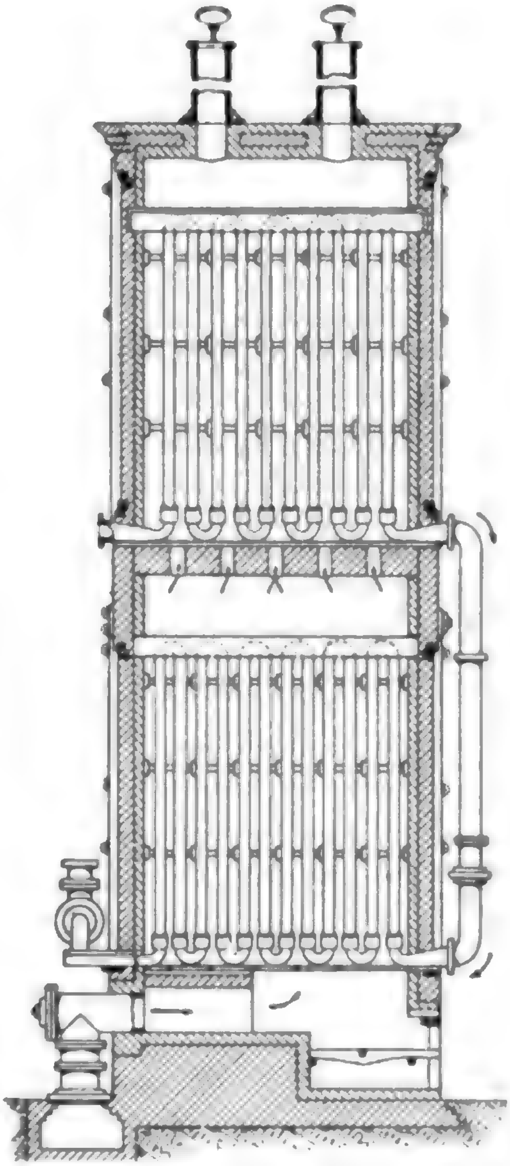
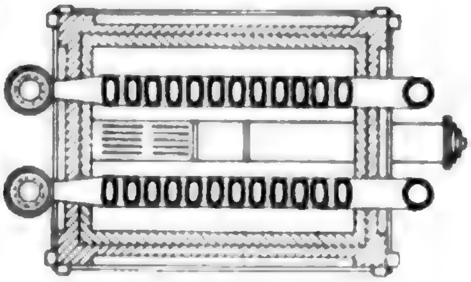


Fig. 155.



nur zu verbessern. Die Winderhitzer mit hängenden oder mit stehenden Röhren bewährten sich für die Erwärmung bis zu 500°, die man jetzt verlangte, am besten.

Fig. 156.



Gjers in Middlesborough hatte einen Apparat (Fig. 153) konstruiert, der aus einer Verbindung von Fufskasten mit Hosenrohren bestand. Dabei standen die beiden Schenkel der Rohre in demselben Fufskasten. Die Hosenrohre, die meist in Kammern zu je 12 bis 14 Stück eingebaut waren und rings von der Flamme umspült wurden, standen gegeneinander geneigt, wodurch man eine gröfsere

Wirkung der Heizgase erreichte. Um den Wind auf 300 bis 350° C. zu erhitzen, brauchte man nach Gruners Angabe von 1872[1]) 1 bis $1^1/_2$ qm Heizfläche, für 500 bis 600° C. aber 4 bis 5 qm.

Ekman in Långsbanshyttan in Schweden baute 1874 einen ähnlichen Winderhitzer, mit dem er den Wind auf 530° C. erhitzte und der sich von dem Gjersschen durch eine bessere Führung der Heizgase auszeichnete, welche er von oben nach unten leitete. Auf der Georgs-Marienhütte bei Osnabrück verbesserte man Anfang der siebziger Jahre die Winderhitzer mit hängenden Rohren. Crossley konstruierte einen Schlangenröhrenapparat mit zwei übereinander liegenden Etagen (Fig. 154, 155, 156 a. v. S.), der sich zu Askan-in-Furness bewährte[2]).

Um 1880 bauten Bolkow und Vaughan & Co. in Cleveland einen verbesserten Winderhitzer aus stehenden Doppelröhren, welche untereinander durch Fufskasten mit Muffen verbunden waren. In einem solchen erbauten Clevelandapparat[3]) in Gleiwitz war es bei seiner grofsen Heizfläche nicht schwer, den Wind auf 520° C. zu erhitzen. Die Röhren waren am Scheitel offen und wurden durch Deckel geschlossen. Dadurch war die starke Spannung, welche bei den Pistolenröhren so häufiges Zerspringen herbeiführte, vermieden. Nach Wiebmers Angabe hatte ein Clevelandapparat 3,9 qm Heizfläche auf den Kubikmeter Wind und berechnete sich der Quadratmeter Heizfläche auf 118 Mark Anlagekosten, während ein Gjers-Apparat 1,51 qm Heizfläche auf den Kubikmeter Wind hat und 222 Mark pro Quadratmeter Heizfläche kostete.

Trotz aller dieser Verbesserungen konnten sich die eisernen Apparate gegenüber den steinernen nicht behaupten, denn wenn auch deren Anlagekosten höher waren, so war ihr Betrieb billiger und ihre Leistung gröfser. Der Wind konnte in denselben ohne Mühe auf 700 bis 800° C. gebracht werden.

Die steinernen Apparate hatten aber auch seit 1870 grofse Verbesserungen erfahren. In dem genannten Jahre waren die Cowper-Apparate noch sehr mangelhaft, kaum 6 m hoch und der Wärmespeicher ganz wie bei den Siemens-Regeneratoren gemauert. Infolgedessen waren die Züge sehr eng und nur sehr schwer zu reinigen. Letzterer Umstand, der ihrer Verbreitung am meisten im Wege stand,

---

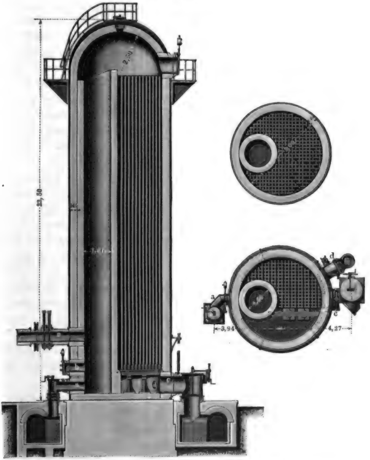
[1]) Annales des Mines 1878, II, S. 295; Gruner, Traité de la Métallurgie I, S. 352.

[2]) Engineering XL, S. 422.

[3]) Zeitschr. für Berg-, Hütten- und Salinenwesen in Preufsen 1882, S. 178.

hatte Thomas Whitwell, Direktor der Thornaby-Eisenhütte bei Stockton, 1869 veranlafst, die durchbrochene Steinfüllung durch vertikale Zugkanäle zu ersetzen.

Fig. 157.



Die Whitwell-Winderhitzer waren damals entschieden ein Fortschritt und fanden ziemliche Verbreitung. 1874 waren in England 70 Whitwell-Apparate im Betriebe und 34 im Bau, in Deutschland 20 im Betriebe, 52 im Bau; in Belgien und Luxemburg 14 im Betriebe, 24 im Bau; in Frankreich 8 im Betriebe, 29 im Bau. Ihre Vorzüge bestanden in der leichteren und billigeren Bauart, im praktischeren

Digitized by Google

Betriebe und in der leichteren Reinigung, dagegen boten sie dem Winde lange nicht so viel Heizfläche dar wie die Cowper-Apparate. Ein Whitwell-Apparat hatte 11,1 qm Heizfläche pro Kubikmeter Wind, ein entsprechender Cowper-Apparat 28 qm. In Deutschland erreichte man damals in den Whitwell-Apparaten kaum 600° C., weil man nur Essen von höchstens 120 Fufs Höhe anwendete, während man in England mit Essen von 300 Fufs Höhe allerdings 800° C. erhielt. An der Verbesserung der Cowper- und der Whitwell-Apparate wurde bereits in den siebziger Jahren eifrig gearbeitet. Ein grofser Nachteil der Cowper-Apparate bestand darin, dafs der Hauptkanal in der Mitte, in dem die Verbrennung der Hochofengase vor sich ging, sehr schwer zugänglich war. Es war deshalb ein wichtiger Fortschritt, dafs man 1870 den Hauptkanal an die eine Seite des inneren Raumes legte, wobei man anfangs den kreisförmigen Querschnitt beibehielt (Fig. 157 a. v. S.).

Die Whitwell-Apparate, welche man bis gegen Mitte der siebziger Jahre nur 8 bis 9 m hoch baute, verbesserte man dadurch, dafs man sie bis zu 18 m erhöhte, wodurch die Heizfläche von 800 qm auf 1500 bis 1600 qm vermehrt wurde. Ferner waren die älteren Winderhitzer dieser Art so eingerichtet, dafs die Gase und der Wind fünfmal auf- und niedersteigen mufsten, wozu ein sehr starker Essenzug nötig war. Man suchte die Zahl der Krümmungen zu vermindern, zugleich aber die Heizfläche zu vergröfsern, indem man die Gase in einem grofsen Kanal aufsteigen, dann aber in drei Kanälen niedersteigen liefs. Die drei Kanäle vereinigten sich unten wieder in einem aufsteigenden Kanal, worauf die Gase in sieben Zügen herabgeführt wurden. Diese Verbesserungen wurden eingeführt von Lévêque 1873 zu L'Horme bei Pouzin und von William Whitwell 1876 nach dem Tode seines Vaters Thomas (D. R. P. Nr. 327).

Goedecke suchte 1877 die Heizflächen der Whitwell-Apparate durch Einschaltung von Querwänden zu vergröfsern (D. R. P. Nr. 952). Ebenso verbesserten Lürmann und Macco die Whitwell-Winderhitzer.

Die Leistungsfähigkeit der Cowper-Apparate wurde schon dadurch beträchtlich gesteigert, dafs man sie höher baute. Durch ihre grofse Heizfläche erzielten diese Apparate 1876 zu Terre-noire gute Erfolge. Ein Übelstand blieben aber die engen, schwer zu reinigenden Züge. Anfänglich versetzte man die Steine des Gitterwerks absichtlich gegeneinander, um gröfseren Heizeffekt zu erzielen. War ein solcher Wärmespeicher durch Flugstaub verstopft, so mufste man ihn

kalt werden lassen und ausbrechen. Cowper versuchte durch Schiefsen mit Böllern in den Hauptkanal die Reinigung von Flugstaub zu bewirken; andere zündeten Schiefspulver darin an. Alle diese Versuche hatten aber nur geringen Erfolg. Mehr erreichte man durch eine sorgfältigere Reinigung der Verbrennungsgase vor dem Eintritt, besonders aber dadurch, dafs man die Öffnungen in dem Steingitterwerk weiter machte und sie genau aufeinander pafste, so dafs sie senkrechte Kanälchen bildeten, die durch Kugel und Besen, ähnlich wie russische Kamine, oder durch Stahldrahtbürsten (nach Fehland) zu reinigen waren. Seitdem diese Verbesserungen eingeführt sind und man die Apparate 22, 24 und mehr Meter hoch baut, hat man mit Leichtigkeit eine dauernde Erhitzung des Windes auf 800° erzielt und haben sich diese neuen Cowper-Apparate allen anderen Winderhitzern überlegen gezeigt.

Nur ganz kurz wollen wir noch einige Verbesserungen und Verbesserungsvorschläge für die Cowper-Apparate erwähnen[1]).

Von den steinernen Winderhitzern, sowohl Cowper als Whitwell, müssen immer mindestens zwei für einen Hochofen im Betriebe stehen, der eine, der durch die Hochofengase angeheizt wird, und der andere, durch den der zu erwärmende Wind streicht. Die Erfahrung hat gelehrt, dafs man bei den gesteigerten Anforderungen an Windmenge und Temperatur sogar drei Cowper-Apparate für einen Hochofen braucht, wovon zweckmäfsig immer zwei im Feuer stehen und durch einen der Wind geht. Mufs ein Ofen repariert werden, so genügt es, dafs nur einer im Feuer steht. Während man anfänglich 5000 qm für einen Hochofen für hinreichend hielt, rechnet man jetzt mindestens 35 000 qm. Für zwei Hochöfen pflegte man sechs Cowper-, aber nur fünf Whitwell-Apparate zu rechnen.

In neuerer Zeit wendet man nicht selten vier Cowper-Apparate für einen Ofen an, wie z. B. zu Micheville im Minettegebiete Ostfrankreichs, Elizawerke bei Pittsburgh 1889, Duquesne 1896.

Natürlich werden hierdurch die Anlagen für die Winderhitzung sehr teuer. Benj. Ford und John Moncur[2]) suchten um 1879 diese dadurch zu vereinfachen und zu verbilligen, dafs sie das Anheizen und die Winderwärmung gleichzeitig in demselben Apparat ausführten. Sie teilten einen grofsen Cowper-Apparat durch radiale Wände in vier gleiche Abteilungen, welche so betrieben wurden, dafs immer je

---

[1]) Vergl. Stahl und Eisen 1883, S. 611.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1883, S. 462.

zwei angeheizt wurden, während die andern zwei den Wind erhitzten. Diese Apparate haben in England auf manchen Hütten, z. B. zu Barrow, der billigeren Anlage wegen, Anwendung gefunden.

C. Bull wendete ebenfalls eine radiale Anordnung des Füllmauerwerks an.

H. Massicks und W. Crooke[1]) bauten seit Anfang der achtziger Jahre Winderhitzer, deren Züge ringförmig umeinander angeordnet sind. Die Heizgase steigen erst in den mittleren Zügen auf, sodann in den äufseren Zügen nach abwärts und von da in die Esse. Die Leistung dieser Apparate bleibt aber hinter den Cowperöfen zurück. Auf einen Kubikmeter Wind kommt nur 11,1 qm Heizfläche, während ein Cowperofen von 18 m Höhe und 6,5 m Durchmesser auf 1 cbm Wind 32 qm Heizfläche hat. Allerdings stehen die Anlagekosten etwa in demselben Verhältnis, sie berechnen sich bei den Winderhitzern von Massicks und Crooke auf nur 155 Mark für 1 qm Heizfläche.

Eine wichtige Verbesserung für alle vertikalen steinernen Winderhitzer bestand darin, dafs man sie oben mit gutem, feuerfestem Material sphärisch wölbte (s. Fig. 157), wodurch eine vollständigere Mischung, Verbrennung und Verteilung der Gase erfolgte.

Die Verteilung der Heizgase beim Niedergang war in den Cowperapparaten nicht gleichmäfsig, indem die Kanäle von der Esse ungleich angesaugt wurden. Um dem abzuhelfen, bedeckte man die Züge, die stark erhitzt wurden, ganz oder zum Teil mit losen Ziegeln.

M. Boecker in Friedenshütte[2]) hat dies dadurch vermieden, dafs er die Kanäle nach der Peripherie zu weiter machte (1889, D. R. P. Nr. 49721); Fr. W. Lürmann (1888) dadurch, dafs er die Heizgase nicht in dem aufsteigenden Kanal, sondern in dem gewölbten Raume über dem Kanal verbrannte (D. R. P. Nr. 42579). Er konnte deshalb den Gaskanal viel enger machen und legte ihn wieder in die Mitte. Dadurch gewann er zugleich bedeutend an Heizfläche, so dafs ein Lürmannscher Apparat von gleichen Abmessungen 28 bis 33 Prozent mehr leistete.

Nachdem man den aufsteigenden Gas- und Verbrennungskanal auf die Seite gelegt hatte, gab man ihm statt des kreisrunden einen segmentförmigen oder elliptischen Querschnitt (Fig. 158).

Auf den Edgar Thomson-Stahlwerken in Nordamerika[3]) baute Julian Kennedy schon zu Anfang der achtziger Jahre verbesserte

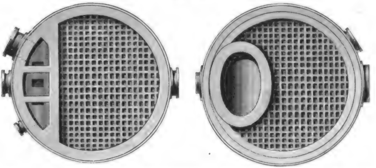
[1]) Am. Pat. Nr. 398840, D. R. P. Nr. 17655 vom 26. Juni 1881.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1889, S. 920, Taf. XXII.
[3]) Daselbst 1883, S. 521.

Digitized by Google

Cowper-Apparate von 6,4 m Durchmesser und 22 m Höhe. Er erweiterte dabei die Heizzüge von 102 mm auf 152 mm und gab dem Verbrennungsschacht einen kreissegmentförmigen Querschnitt. Die Ersparnis an Steinkohlen war gegen den früheren Betrieb mit eisernen Winderhitzern sehr bedeutend.

Harvey suchte (1882) die Anlage der steinernen Winderhitzer zu verbilligen; er liefs die Gase nur in einer Richtung von unten

Fig. 158.



nach oben durch das Gittermauerwerk streichen. Er hatte 25,5 qm Heizfläche auf 1 cbm Wind und die Kosten stellten sich auf 184 Mark für einen Quadratmeter Heizfläche, während ein eiserner Winderhitzer nach Gjers nur 1,51 qm Heizfläche auf 1 cbm Wind hatte und 222 Mark auf den Quadratmeter kostete. Bei einem Apparat nach Bolkow und Vaughan stellten sich die entsprechenden Zahlen auf 3 qm und 118,9 Mark.

Eine Zeit lang legte man grofsen Wert auf die Querschnittsform der Heizkanäle, die man statt quadratisch sechseckig, kreisrund, länglich viereckig u. s. w.[1]) machte. Im allgemeinen geben runde Kanäle die geringste, quadratische Kanäle die gröfste Heizfläche; dagegen lassen sich runde und sechseckige Kanäle leichter reinigen. Custor führte mit Erfolg durchlochte Steine ein[2]).

V. Strobel in Philadelphia legte den Verbrennungsraum der Gase wieder aufserhalb des Winderhitzers in einen besonderen Verbrennungsraum, mit dem er je drei Winderhitzer verband.

Fr. W. Lürmann gab dem Verbrennungsraum eine ringförmige Gestalt (D. R. P. Nr. 51 360).

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1884, S. 484; 1890, S. 766; 1896, S. 907.

[2]) Daselbst 1897, S. 177.

Digitized by Google

Hugh Kennedy in den Vereinigten Staaten konstruierte Winderhitzer mit einem Gaskanal und drei Luftwegen, von denen 1892 drei in Warwick, Pa., angelegt wurden[1]. Fig. 159, 160, 161 zeigen die mächtigen Kennedy-Cowper-Apparate des neuen Hochofens in

Fig. 159.

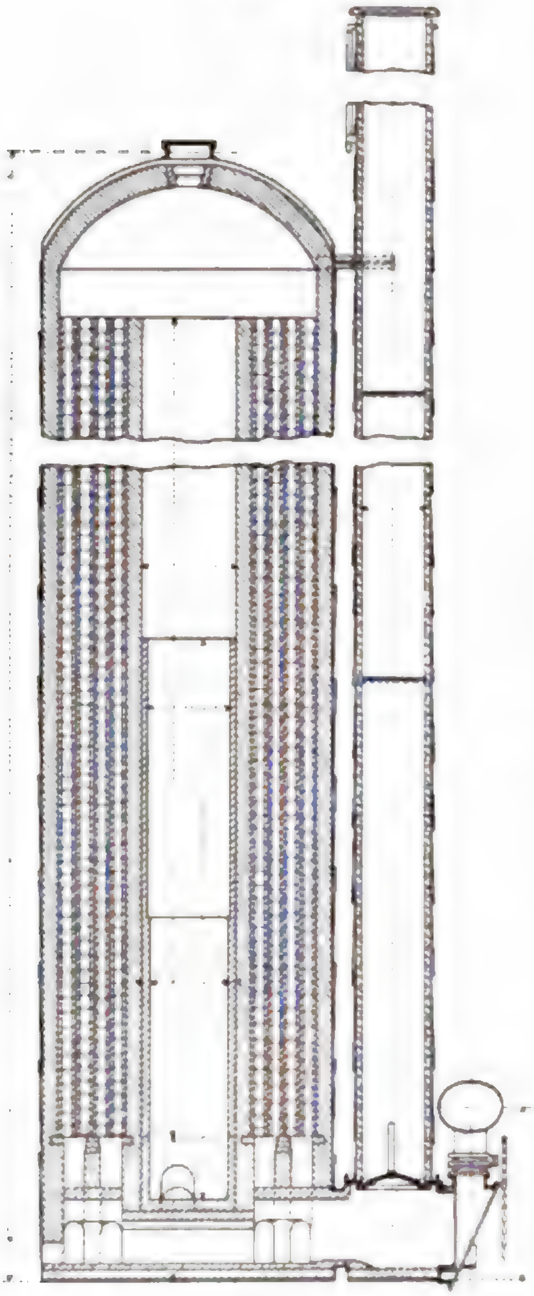


Fig. 160.

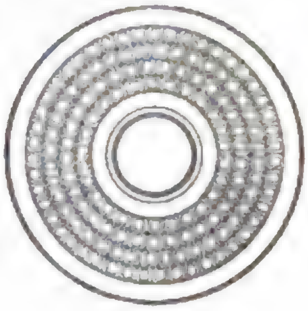
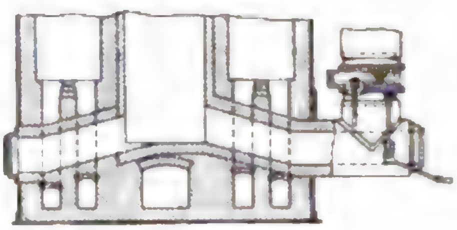


Fig. 161.



Duquesne von 29,56 m Höhe und 6,4 m Durchmesser mit zentraler Verbrennungskammer, von denen zu jedem Hochofen vier gehören.

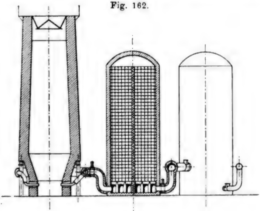
Léon François zu Esch in Luxemburg verband die Cowper-Apparate einer Hochofenanlage so miteinander, dafs die Wärme eines zwecks Reinigung aufser Betrieb zu setzenden Winderhitzers auf einen anderen übertragen und zugleich der aufser Betrieb gesetzte Winderhitzer rascher abgekühlt werden konnte[2].

Da immer mindestens zwei Cowper-Apparate zusammen arbeiten, die Temperaturen der einzelnen Apparate aber nicht gleich sind, so führten Gjers und Harrison 1898 (D. R. P. Nr. 101 492) einen Ausgleicher ein, den sie als geteilten, mit Gittermauerwerk versehenen

[1]) Kerpelys Fortschritte von Th. Beckert für 1894, S. 96.
[2]) Stahl und Eisen 1898, S. 365.

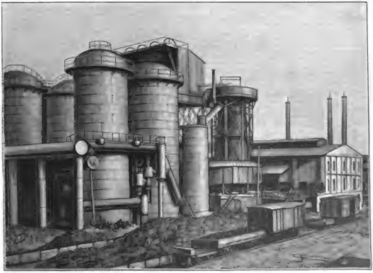
Cylinder, durch den der Wind der Cowper-Apparate vor dem Eintritt in den Hochofen streichen mufste (Fig. 162), konstruierten.

Fig. 162.



Die Whitwell-Apparate wurden ebenfalls vielfach verbessert; aufser 1879 von C. Gödecke (D. R. P. Nr. 17851), 1883 von Steffen; in diesem Jahre wurden die Glockenventile zur Umstellung von Gas

Fig. 163.



Digitized by Google

und Wind durch Schieber ersetzt; 1885 von John C. Long, der die Verbrennungsluft für die Heizgase vorwärmte, während Wainwright die Gase und die Verbrennungsluft erhitzte; 1886 von Macco, dessen Winderhitzer eine Kombination von Cowpers und Whitwells System ist. Er führt die Gase nur zweimal auf und nieder; die Kanäle, durch welche die Verbrennungsluft nach unten geleitet wird, sind in

Fig. 164.

Kammern, ähnlich wie bei Cowper angeordnet. Weimer auf den Libanonwerken in Pennsylvanien stellte die Kammern übereinander. Die Whitwell-Apparate, die 1883 auf der Thornebyhütte betrieben wurden, waren 20,72 m hoch, bei 6,7 m Durchmesser; sie hatten 2600 qm Heizfläche. In Hugh Kennedys Winderhitzer für den Isabellahochofen bei Pittsburgh findet die Verbrennung nicht in einer, sondern in jeder Abteilung statt, wobei die Verbrennungsprodukte oben abgeführt werden. Er erzielt auf diese Weise eine gleichmäfsigere Erhitzung.

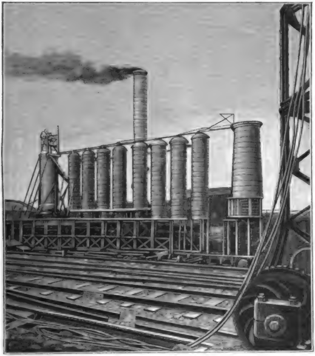
Bei allen steinernen Winderhitzern ist das rechtzeitige Umstellen von Gas und Wind eine sehr wichtige Sache, und man hat deshalb

Digitized by Google

hierfür selbstregistrierende Apparate konstruiert, wonach die Umstellung erfolgt.

Die steinernen Winderhitzer geben den modernen Hütten ein ganz eigenartiges, von den früheren verschiedenartiges Ansehen, wie dies aus den Abbildungen der neuen Hochofenanlagen von Dnieprovienne in Südrufsland von 1894 (Fig. 163, S. 445) und von Duquesne in

Fig. 165.



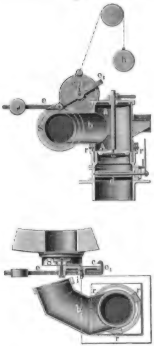
Pennsylvanien von 1896 (Fig. 164) ersichtlich ist. Die mächtigen Apparate erreichen, ja übertreffen manchmal die Höhe des Hochofens, zu dem sie gehören. So hat man beispielsweise in Hayingen bei de Wendel Apparate von 30 m Höhe.

Früher gruppierte man die steinernen Winderhitzer meist eng um den Ofen herum, jetzt stellt man dieselben bei Neuanlagen in den Vereinigten Staaten meist in eine Reihe oder zwischen die Hochöfen, wie dies die neue Hochofenanlage zu Youngstown (Fig. 165), deren Hochöfen 32,5 m und deren Winderhitzer 36 m hoch sind, zeigt.

Digitized by Google

Sehr wichtig sind die Verschlüsse der steinernen Winderhitzer. Hierfür hat F. Burgers ein Drehventil erfunden (Fig. 166), was auf vielen deutschen Hütten eingeführt ist, während W. Schmidt 1886 einen drehbaren, brillenförmigen Tellerschieber, die sogenannte Schmidtsche Brille (Fig. 167) konstruierte, die jetzt sehr häufig angewendet wird. Bei der hochgesteigerten Temperatur des Gebläsewindes, bei welcher Eisen glühend und rasch an der Luft zerstört wird, wurde es notwendig, die Rohrleitungen, die man entsprechend weiter machte, mit feuerfestem Material auszumauern oder auszukleiden. Zur Ausgleichung der Ausdehnung der Leitung schaltete man Kompensatoren ein, von denen besonders die Scheiben- und die Stopfbüchsenkompensatoren Eingang gefunden haben. Lürmann empfiehlt Topf- und Sackkompensatoren.

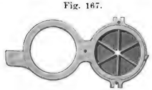
Fig. 166.



Je heifser der Wind wurde, desto wichtiger und schwieriger wurden die Absperrventile, wofür zahlreiche Patente genommen wurden, so von J. Kennedy (Am. P. Nr. 593 476), von Neeland und Rothoff in Duquesne, Pa. (Am. P. Nr. 593 478).

Die ringförmige Windleitung um den Hochofen hing man um die Rast herum auf und führte den Wind von da abwärts den Düsenstöcken zu. Diese[1]) hat man möglichst vereinfacht, indem alle Drehvorrichtungen, Zahnstangen u. s. w. wegen der vermehrten Ausdehnung bei dem sehr heifsen Winde weggelassen und durch Kugelgelenke ersetzt wurden. Ein solcher Düsenstock aus den siebziger Jahren rührt von Dornbusch her. C. Gödecke konstruierte zu Anfang der achtziger Jahre ähnliche für Geiswerd, Schalke u. s. w.

Fig. 167.



[1]) Siehe Ledebur, Handbuch u. s. w., S. 456.

Heinzmanns und Dreyers Düsenstock (D. R. P. Nr. 36369) vom Jahre 1886 war mit zwei Kugelgelenken versehen, so dafs er ohne weiteres aus der Form herausgezogen werden konnte. Ein von Lürmann 1886 erfundener Düsenstock (D. R. P. Nr. 38408) läfst sich nicht nur leicht handhaben, sondern ohne Mühe ganz aus dem Raume vor dem Formgewölbe entfernen. Fritz W. Lürmann liefs sich 1890 noch eine derartige Konstruktion patentieren (D. R. P. Nr. 38308)[1]). Die Drosselklappen in den Heifswindleitungen wurden durch Schieber ersetzt. Dango und Dienenthal führten wasser- oder windgekühlte Bronzeschieber ein. Boecker wendete statt der Klappen oder Schieber Hahnenverschlüsse an, während Steffen und Rotten die Absperrung durch Drehschieber (D. R. P. Nr. 36301) erzielten.

Der heifse Wind machte es nötig, mit geschlossener Form zu blasen. Verbesserte Windformen führten unter anderen G. Hilgenstock und Bansen 1879 ein. An Stelle der aus Bronze gegossenen Formen wendet man neuerdings häufig aus Kupfer geschlagene an. Die Windspannung wird meist mit Federmanometern von Schäfer und Budenberg, die Windtemperatur mit Pyrometern von Wiborgh, Siemens oder Le Chatelier gemessen, wobei Schaulinien die Wärmeschwankungen anzeigen. Ein brauchbares Luftpyrometer haben Uehling und Steinbart[2]) 1894 erfunden.

Hochöfen.

Die Fortschritte im Hochofenbetrieb in der Zeit seit 1870 finden ihren deutlichen Ausdruck in der Steigerung der Leistung der Hochöfen. Hierfür bietet in Deutschland die Ilseder Hütte bei Peine das glänzendste Beispiel dar. Die Durchschnittserzeugung eines Hochofens in 24 Stunden betrug 1870 55 Tonnen, 1880 110 Tonnen, 1885 144 Tonnen, 1890 192 Tonnen, 1895 226 Tonnen, 1896 244 Tonnen. Am grofsartigsten stellt sich die Produktionssteigerung der Hochöfen in den Vereinigten Staaten dar. Auf den Edgar Thomson-Eisenwerken bei Pittsburg erzeugte 1876 der Isabellaofen 77 Tonnen, der Lucy-Ofen 1877 93 Tonnen, 1880 134 Tonnen, 1882 183 Tonnen, 1886 207 Tonnen, 1889 315 Tonnen und 1890 sogar 428 Tonnen in 24 Stunden; 1897 erreichte der Duquesneofen bei Pittsburg eine Tagesleistung von 700 Tonnen.

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1890, S. 692.

[2]) Daselbst 1894, S. 388; 1899, S. 431.

Digitized by Google

Diese Steigerung der Leistungsfähigkeit wurde herbeigeführt durch Verbesserungen der Ofenkonstruktionen und der Betriebsmittel.

Die Verbesserungen der Öfen zeigen sich zunächst in ihrer durchschnittlichen Vergröfserung und in ihrer Gestalt (Dimensionen). Bei den Holzkohlenöfen stieg die durchschnittliche mittlere Ofengröfse in den Grenzen von 30 bis 70 Kubikmeter, bei den Kokshochöfen von 200 bis 400 Kubikmeter. Doch wurden in einzelnen Gebieten viel gröfsere Öfen errichtet.

Der Clevelanddistrikt in England war darin vorangegangen. Das Streben, die Hochöfen daselbst immer gröfser zu bauen, erreichte Anfang der siebziger Jahre einen Höhepunkt. 1871 entstand zu Newport ein Hochofen von 85 engl. Fufs (25,91 m) Höhe, 28 Fufs (8,535 m) Kohlensackweite und 30000 Kubikfufs (850 cbm) Inhalt, 1874 der Riesenofen zu Ferryhill von 105 engl. Fufs (32 m) Höhe, 31 Fufs (9,449 m) Kohlensackweite und 50000 Kubikfufs (1416 cbm) Inhalt. Dieser Ofen blieb aber ein Einsiedler in seinen Gröfsenverhältnissen und erfüllte die auf ihn gesetzten Hoffnungen nicht. Man kam zur Erkenntnis, dafs die Vergröfserung der Öfen nur bis zu einer bestimmten Grenze von Vorteil sei und dafs über diese Grenze hinaus eine weitere Vergröfserung keinen entsprechenden Nutzen bringe. Diese Grenze ist auch bei ausreichender Leistungsfähigkeit der Gebläse- und Winderhitzungsapparate verschieden für verschiedene Erze und Koks. Im Clevelanddistrikt, wo man arme aber leichtschmelzige Erze in groben Stücken mit dem sehr festen Koks der New-Castle-Kohle verschmelzt, liegt diese Grenze sehr hoch. Sir Lowthian Bell, der vor der Übertreibung in den Ofenmafsen warnte, erklärte um 1870 eine Höhe von 80 engl. Fufs (24,385 m), 25 Fufs (7,62 m) Kohlensackweite und 25000 Kubikfufs (708 cbm) Inhalt für den Verhältnissen in Cleveland am besten entsprechend. Thomas Whitwell sagte 1878: Ohne allen Zweifel ist man mit den Dimensionen und namentlich mit der Höhe der Hochöfen in England zu weit gegangen, denn das Fassungsvermögen und die Anlagekosten stehen nicht mehr im richtigen Verhältnis. Infolgedessen ging man nicht nur in Cleveland, sondern auch in Cumberland Anfang der siebziger Jahre wieder auf geringere Ofenhöhe zurück, so in Cumberland zu Askan-in-Furnefs und zu Barrow von 75 Fufs auf 61 Fufs, zu Consett und zu Wortington von 70 Fufs auf 55 Fufs Höhe.

Immerhin hatte die Vergröfserung der Hochöfen im Clevelanddistrikt einen grofsen Erfolg gehabt und dadurch Veranlassung gegeben, dafs man sowohl im übrigen England, als auch auf dem

Digitized by Google

Kontinent von Europa und in den Vereinigten Staaten von Nordamerika die Hochöfen gröfser baute. Auf dem europäischen Kontinent geschah dies in mäfsigen Grenzen.

In Deutschland hatten um 1870 die Mehrzahl der Kokshochöfen eine Höhe von 16 bis 18 m und etwa 5 m Kohlensackweite. Man war sich in Deutschland wohl bewufst, dafs es nicht auf die Höhe und den Fassungsraum des Ofens an und für sich ankam, sondern auf die vollkommene Reduktion und Kohlung, ehe das Schmelzgut in den Schmelzraum einrückte und dafs die Durchgangszeit der Erze länger sein mufste, je nachdem Puddeleisen, Thomaseisen, Spiegeleisen oder Giefsereieisen erblasen werden sollte. Hierauf hatte H. Fehland 1884 besonders hingewiesen [1]).

1895 betrug die gewöhnliche Höhe 20 bis 22 m, bei 6 m Kohlensackweite und etwa 400 cbm Inhalt, während England 1894 (nach Hawdon) nur wenige Öfen unter 566 cbm Fassungsraum hatten. Die neuen Öfen im Minettegebiet, in Luxemburg und Lothringen sind bis 23 m hoch, 6,5 bis 7,25 m im Kohlensack, 4 bis 5 m in der Gicht und 3,5 bis 4 m im Gestell weit.

Die letzteren Zahlen zeigen, dafs die Vergröfserung der Öfen in neuerer Zeit relativ mehr in der Weite als in der Höhe statthatte. Besonders bemerkenswert ist die bedeutende Erweiterung des Gestells. Bis 1880 galt ein Gestell von 2 m Durchmesser in Deutschland für ein weites und nur wenige Hochöfen hatten eine gröfsere Gestellweite als 2,60 m. Nach dieser Zeit fing man besonders in den Vereinigten Staaten von Nordamerika an, den Hochofengestellen eine Weite von über 3 m zu geben. In Deutschland ging man Ende der achtziger Jahre ebenfalls bis zu Gestellweiten von 3 m und steigerte dieselbe in den folgenden Jahren bis 1895 im Minettegebiet auf 3,50 bis 4,5 m. Natürlich erfordern so weite Gestelle sehr heifsen Wind und starke Gebläse. Auch die Holzkohlenhochöfen erhöhte man in den Vereinigten Staaten bedeutend. 1876 wurden dort zwei Öfen von 60 und 62 Fufs (18,3 bis 18,9 m) Höhe erbaut. Der gröfste Ofen am Ural hatte nur 55 Fufs (16,775 m) Höhe und 2600 Kubikfufs (175,58 cbm) Inhalt.

Der Gröfsenunterschied eines gewöhnlichen Holzkohlenhochofens (zu Fallonica) und eines englischen Kokshochofens (der Clarencehütte)

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1884, S. 331.

Mafse von Hochöfen seit 1870.

Land und Ort	Jahr	Höhe (H) m	Kohlensack-weite (D) m	Gichtweite m	Gestellweite m	$\frac{H}{D}$	Bemerkungen
Holzkohlen-Hochöfen							
Österreich:							
Heft	1870/80	13,27	3,00	1,21	1,10	4,43	Ofeninhalt 49 cbm; 3,0 cbm p. Tonne
Mariazell	(1871)	11,40	3,16	0,95	—	3,62	" 35 " 5,4 " " "
Vordernberg III	(1875)	14,50	3,80	2,22	—	3,83	" 101 " 3,6 " " "
Treibach	"	11,37	2,52	0,95	—	4,55	" 28,5 " 2,0 " " "
Prävali	"	15,26	3,16	1,26	—	4,84	" 65 " 2,0 " " "
Neuberg	"	13,60	2,68	1,70	—	5,11	" 50 " 3,1 " " "
Hiflau	"	14,50	2,53	1,26	1,80	5,73	" 50 " 2,5 " " "
Trofajach	"	15,80	2,53	1,50	1,80	6,20	" 58 " 1,8 " " "
Vereinigte Staaten:							
Buona Vista	"	12,20	3,05	1,06	1,06 oben 0,92 unten	4,00	
Pioneer furnace	"	12,67	2,90	1,07	1,07	4,37	
Bay furnace	"	13,72	2,90	1,83	1,22	4,73	
Buagor	"	13,72	2,90	1,68	1,22	4,73	
Hinkle furnace	1880/90	18,30	3,66	—	2	5,03	100 Tonnen pro 24 St. 780 kg Holzkohlen pro Tonne. 1895 125 Tonnen Kohlenverbr. $^{716}/_{1000}$
Deutschland:							
Müsen	1886	9,651	1,255	1,100	1,250	7,69	Ofeninhalt 10 cbm
Rufsland:							
Kulebaki	1887	10,210	1,550	1,320	1,067	6,59	" 16,24 "
"	1889	14,630	1,679	1,676	1,067	8,73	" 30,20 "
Bjelorezk	1890	14,250	1,525	1,525	0,917	9,37	" 29,30 "

Digitized by Google

Anthrazithochöfen

Vereinigte Staaten:	1870/80						
Glendon I. W. (Pa.) I . .		15,25	5,42	3,05	1,83	2,81	
„ „ V . .		21,29	5,44	3,05	2,44	3,97	
Thomas I.W., Hoquedauqua		18,30	5,49	3,35	2,74	3,33	
Cedar Point (N. Y.) . . .	(1875)	21,85	4,88	3,05	1,68 unten	4,50	Ofeninhalt 236,19 cbm
Durham I. W. (Pa.) . . .	(1876)	22,37	5,94	—	2,13	3,71	

Kokshochöfen

Grofsbritannien:							
Gartsherrie	1871	19,80	4,57	3,05	2,13	4,33	
Middlesborough (Gjers) .	„	25,61	7,62	5,49	2,44	3,36	
Newport	„	25,91	8,535	—	—	3,03	Ofeninhalt 850 cbm
Ferry-Hill	1879	32,00	9,449	—	—	3,39	„ 1416 „
Middlesborough	1893	25,93	5,80	—	3,25	4,47	
Yarrow on Tyne	1894	22,87	6.09	4,88	3,35	3,75	„ 396 cbm; erzeugt 950 Tonnen pro Woche
Dowlais-Cardiff	1894	22,88	6,10	4,88	3,96	3,75	Für Anthrazit } erzeugt 1300 Tonnen pro Woche
Dowlais-Cardiff	1895	24,32	5,90	4,10	2,85	4,12	„ „ }
Deutschland:							
Neufs (Büttgenbach) . .	1871	15,70	5,024	2,512	1,885	3,12	
Mathildenhütte (Harz) . .	„	17,262	5,336	3,505	1,524	3,06	
Gleiwitz	1872	14,437	5,321	3,923	2,563	2,71	Ofeninhalt 220,70 cbm
Königshütte	1873	18,831	5,649	3,766	2,668	3,33	
Borbeck	„	15,060	4,865	3,139	1,880	3,09	„ 163,29 „
Mühlheim a. d. Ruhr . .	1874	20,00	6,20	4,80	2,40	3,23	
Gutehoffnunghütte (Oberhausen)	1876	21,00	5,50	3,40	2,10	3,82	„ 293,45 „
Ilseder Hütte	1881	17,63	6,00	4,60	2,00	2,94	
Bochum	„	22,00	6,20	5,00	—	3,55	„ 400 „
Hörde	1886	19,15	6,00	3,50	2,50	3,19	„ 325,55 „

Digitized by Google

Land und Ort	Jahr	Höhe (H) m	Kohlensackweite (D) m	Gichtweite m	Gestellweite m	$\frac{H}{D}$	Bemerkungen
			Kokshochöfen				
Deutschland:							
Esch (Luxemburg)	1888	20,06	5,90	4,70	—	3,41	
Osnabrück (Lürmann)	1888	23,00	6,40	4,05	3,10	3,59	Ofeninhalt 434,03 cbm
Gleiwitz	1891	16,33	5,34	3,90	2,56	3,06	
Friedenshütte	1890	18,00	6,00	4,60	3,00	3,00	
Dortmund-Hörde	1896	22,88	6,40	4,47	2,20	3,61	
Ruhrort, Phönix	"	26,84	6,56	—	3,81	4,09	Erzeugt 275 Tonnen pro Tag
Esch (Luxemburg)	"	24,99	7,10	4,57	3,50	3,52	Erzeugt über 200 Tonnen pro Tag
Ückingen a. d. Mosel	"	19,81	5,80	—	2,97	3,40	
Dortmunder Union	1892	16,32	6,00	4,69	3,20	2,72	
Georg-Marienhütte	1893	20,76	6,00	4,50	2,70	3,46	
Ilsederhütte	"	18,00	6,00	4,60	3,00	3,00	
Frankreich:							
Le Pouzin	1871 (1857)	16,90	4,50	1,60	1,10	3,75	Ofeninhalt 115 cbm; 6 cbm p. Tonne
Anzin	1873	16,45	4,10	2,90	1,60	4,00	" 142 " 4 " " "
Longwy	"	18,00	5,40	3,00	—	3,33	" 185 "
"	"	20,00	7,00	4,00	—	2,85	" 415 " 10 " " "
Micheville	1895	24,40	6,71	4,80	3,05	3,64	Erzeugt 150 Tonnen pro Tag
Belgien:							
Seraing	1896	23,76	6,10	4,50	3,05	3,90	
Österreich:							
Prävali	1872	17,30	4,65	2,85	1,93	3,72	Ofeninhalt 180 cbm
Witkowitz	1873	18,72	5,44	4,80	2,25	3,44	
Kladno (II)	1894	19,50	7,00	4,60	3,00 unten, 3,60 oben	2,79	

Digitized by Google

Vereinigte Staaten:							
Marquette Rolling Mill	1871/80	18,30	4,57	2,14	1,83	4,00	
Cambria I. W., I (Johnstown)		21,35	4,575	2,52	1,83	2,07	Ofeninhalt 207 cbm
Cambria I. W., II, III, IV		14,84	4,00	2,00	1,83	3,71	" 116,8 bis 119,6 cbm
" V		22,67	5,95	4,73	2,44	3,64	" 411,1 cbm
Lucy furnace (Carnegie)		22,86	6,10	4,88	2,75	3,76	" 436 "
Isabella furnace	(1876)	22,86	6,10	2,44 (in Trichter)	3,66	3,76	" 425 "
Edgar Thomson	1879	19,80	—	—	2,59	—	" 181 "
" "	1880	24,38	6,10	5,18	3,35	4,00	" 506 "
" "	1883	54,38	7,01	5,18 (3,26 Trichter)	3,50	3,48	" 608 "
" "	1887	21,56	6,40	4,60	3,35	4,84	" 488 "
North Chicago	"	20,00	5,90	4,70	—	3,39	
Eliza W. (Pittsburg)	1889	24,38	7,01	4,88 (3,05 Trichter)	3,35	3,48	
Sheffield (Alabama)	1890	22,86	5,18	3,76	2,74	4,36	" 283 "
Lucy furnace	1891	24,33	6,71	4,82	3,35	3,12	" 515 "
Duquesne (Pa.)	1896	30,48	6,70	5,18	4,28	4,86	" 707,5 "
Edgar Thomson	1895	27,45	6,10	4,88	3,96	3,75	Erzeugt 11 176 Tonnen pro Monat mit 800 kg Koks pro Tonne
Lorain (Ohio)	1898	30,48	6,70	4,27	4,267	4,86	Erzeugt 400 Tonnen pro Tag
Youngstown	1899	32,50	7,00	—	4,57	4,64	16 Windformen, Inhalt 775,8 cbm

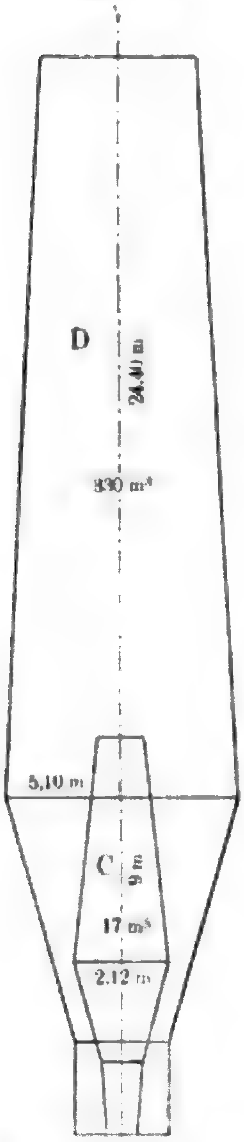
Koks und Kohle

Vereinigte Staaten:							
Northern Chicago, R. M.	1871/80	20,01	5,18	3,50	1,83	4,86	
Union Rolling Mill	"	20,01	4,57	2,74	1,83	4,36	
Cleveland R. M.	"	18,30	5,00	2,74	1,98	3,66	
Durham I. W.	1888	22,50	5,80	4,06	3,45	3,88	Anthrazit mit 11 bis 34 Proz. Koks

Digitized by Google

ist in Fig. 168[1]) dargestellt, während Fig. 169[2]) den Gröfsenunterschied des ältesten Kokshochofens von Gleiwitz von 1796 und eines neuen Kokshochofens daselbst von 1896 zeigt. Fig. 169 zeigt das Profil des Lucy-Ofens bei Pittsburg im Vergleich mit dem Gleiwitzer Hochofen im Jahre 1890.

Fig. 168.



In den Vereinigten Staaten von Amerika wurden Ende der neunziger Jahre Hochöfen gebaut, deren Dimensionen alle früheren übertrafen, so hatten die 1899 in Betrieb gesetzten Youngstown-Hochöfen der National Steel-Company 32,5 m Höhe, 7 m Kohlensack- und 4,57 m Gestellweite.

Vorstehende Tabelle (S. 452 bis 455) giebt Beispiele von Hochofendimensionen und Hochofenformen aus den Jahren 1871 bis 1880 und 1881 bis 1895.

Zu dieser Tabelle ist noch zu bemerken, dafs das Verhältnis der Ofenhöhe zur Weite des Kohlensacks $= \frac{H}{D}$ von Wichtigkeit ist. L. Gruner[3]) teilte 1877 die Öfen nach diesem Verhältnis in untersetzte (tapus), mittlere (moyens) und schlanke (élancés); bei den ersteren ist $\frac{H}{D}$ kleiner als 3, bei den mittleren gröfser als 3 und kleiner als 4, bei den letzteren gröfser als 4. Nach L. Ledebur[4]) ist $\frac{H}{D} = 3{,}2$ bis 3,6 das gebräuchlichste Verhältnis bei neueren Hochöfen. Dabei ist aber die Art des Brennmaterials und des erzeugten Roheisens, ob grau, weifs, Spiegeleisen u. s. w., von Einflufs. Die Hochöfen für Holzkohlenbetrieb sind meistens schlank. Das Verhältnis der Durchmesser von Gicht und Kohlensack schwankt zwischen 1 und $^1/_2$, je nachdem der Schacht des Hochofens cylindrisch oder mehr konisch zuläuft, meistens beträgt die Relation $^3/_4$ bis $^5/_6$. Das Gestell kann man um so weiter machen, je leichter schmelzbar die Beschickung und je stärker das Gebläse ist. Das Verhältnis der Durchmesser von Gestell und Kohlensack schwankt

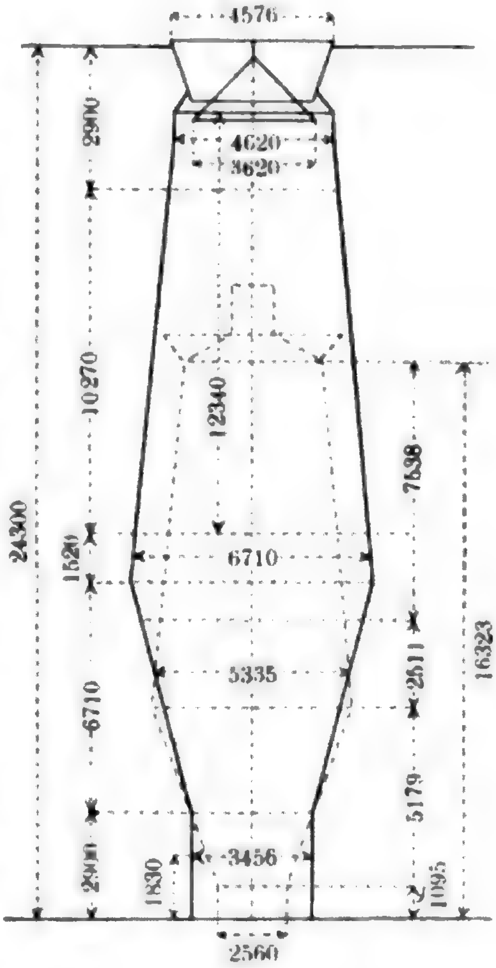
---

[1]) Nach Gruner.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1896, S. 815, Fig. 14.
[3]) Annales des Mines 1877, S. VII, t. XII, p. 472.
[4]) Handbuch der Eisenhüttenkunde 1893, S. 363.

Digitized by Google

meistens zwischen $\frac{1}{1,7}$ bis $\frac{1}{2,5}$. Die weiten Gestelle von über 3 m Durchmesser wurden zuerst 1880 auf dem Edgar Thomson-Eisenwerk eingeführt und zwar hatte der Herd des im April 1880 daselbst angeblasenen Hochofens Nr. 2 3,35 m Durchmesser. Mit der Erweiterung des Gestelles wurde die Rast steiler und zwar um so mehr, als man fast allgemein das Obergestell wegliefs, so dafs die Rast unmittelbar über der Form begann. Seit Einführung der Lürmannschen Schlackenform und der Zustellung mit geschlossener Brust unterdrückte man auch zuweilen das Untergestell und liefs den Ofen vom Boden an sich konisch erweitern. Dadurch wurde die Rast steiler. Der Rastwinkel betrug meist 70 bis 80 Grad.

Fig. 169.



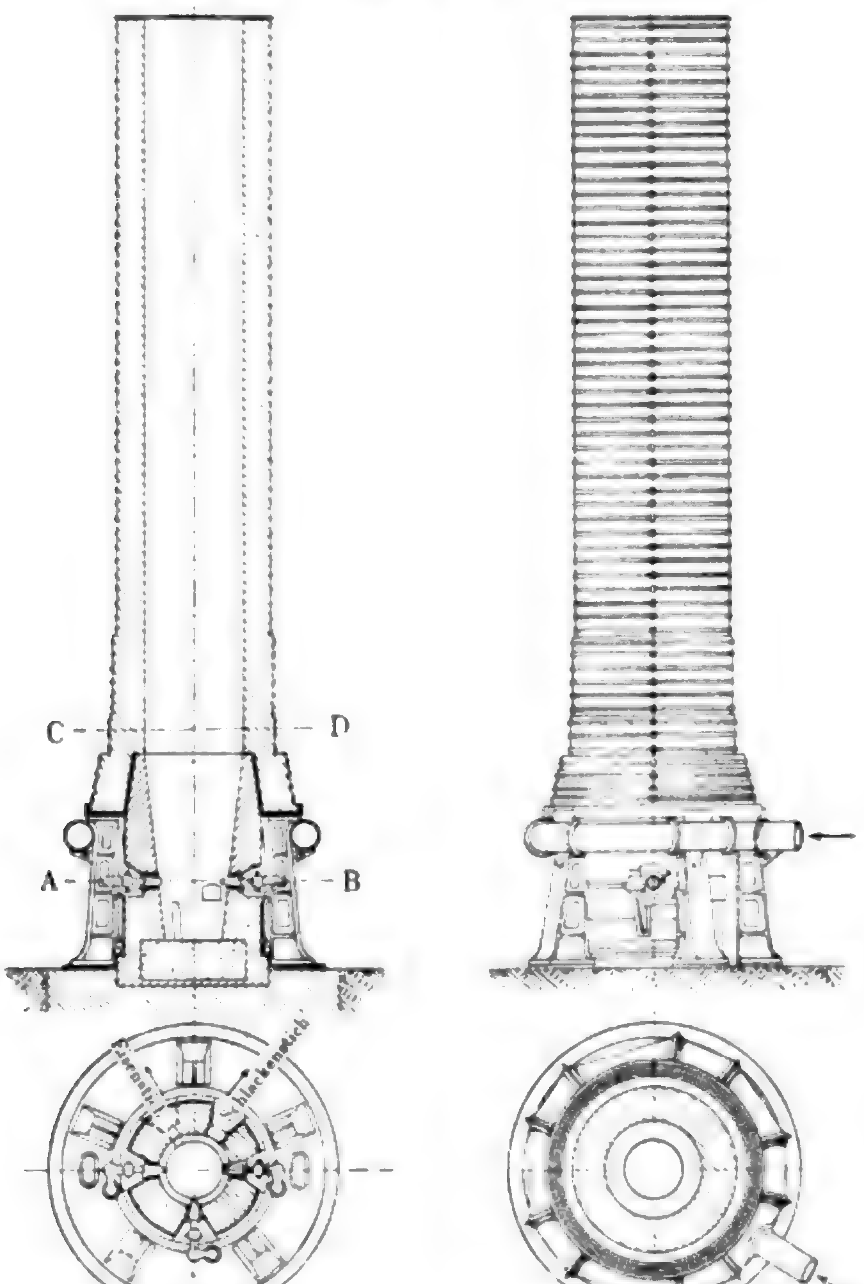
Die Erweiterung von Gestell und Gicht regte die Frage an, ob es nicht zweckmäfsig sei, das Innere des Hochofens durchaus cylindrisch zu machen, also auch die Rast ganz zu beseitigen. W. J. Taylor baute 1884 zu Chester in New Jersey (U. S.) einen solchen Ofen, der sich aber im Betriebe als unvorteilhaft erwies. Trotzdem trat Lürmann für diese Ofenform ein (Lürmanns rastloser Ofen), indem er auf die nahezu cylindrischen Holzkohlenhochöfen zu Trofayach in Steiermark, Kulebaki und Bjelorezk am Ural (Fig. 170 a. f. S.), welche in gutem Betriebe standen, hinwies. Mit Koksöfen hat man aber keine weiteren Versuche in dieser Richtung gemacht.

Dagegen wurden verschiedene andere Ofenkonstruktionen, deren Profile von den gebräuchlichen wesentlich abwichen, vorgeschlagen und auch ausgeführt. Hierher gehört zunächst der selbstkokende Hochofen von Ferry, der zuerst 1870 auf der Monklandhütte in Schottland 81 engl. Fufs (24,69 m) hoch erbaut und in Betrieb gesetzt wurde. Er erregte Aufsehen, und es wurden bis 1875 in Grofsbritannien mehrere Öfen dieser Art errichtet, so vier auf dem Calderbank-Eisenwerk, zwei zu Chapelhall und einer zu Dalmellington in Schottland,

sowie einer zu Tipton in Staffordshire. B. Brown baute einen von ihm verbesserten selbstkokenden Hochofen auf der Shottshütte.

In Rufsland erbaute Carl Fröhlich[1]), der bereits Ende der sechziger Jahre mehrere Hochöfen mit elliptischem Querschnitt am

Fig. 170.



Ural aufgeführt hatte, 1870/71 auf dem Demidoffschen Werke Nischne-Salda einen verbesserten Raschetteofen von 60 Fufs Höhe. 1875 baute er einen ähnlichen Ofen mit elliptischem Querschnitt und freistehendem Gestell, Rast und Schacht in Werschne-Salda und 1876 einen ähnlichen mit auswechselbarem Gestell zu Nischne-Tagol. Es waren dies alles Holzkohlenhochöfen.

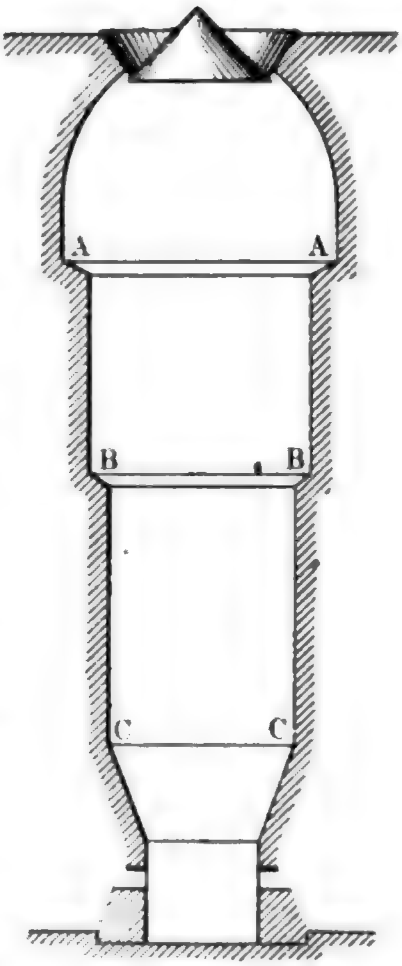
[1]) Siehe Stahl und Eisen 1889, S. 99.

Digitized by Google

W. Siemens konstruierte einen selbströstenden Hochofen, bei dem die Röstung der Erze im oberen Teil des Schachtes durch die Verbrennung der Hochofengase mittels eingeblasenen Windes geschehen sollte.

Hawdon und Hawson bauten 1893 auf dem Newport-Eisenwerk bei Middlesborough einen Hochofen mit dem Fig. 171 dargestellten Profil. Es sollte dadurch der Druck der Schmelzsäule auf die Rastflächen vermieden und die Beschickung lockerer erhalten werden. Obgleich der Ofen gute Resultate lieferte, fand er keine Nachahmung. Alle diese Neuerungen erlangten nur eine lokale Bedeutung. Auch A. Wolskis Vorschlag (1896) eines Hochofens mit Wiederbenutzung oder, wie er es nennt, Selbstregenerierung der Gichtgase[1]) nach J. von Ehrenwerths Prinzip, ist bis jetzt ohne Folgen geblieben.

Fig. 171.



Allgemeine Anerkennung und Verbreitung fand dagegen Lürmanns Schlackenform und damit die Zustellung der Hochöfen mit geschlossener Brust, welche sich bei hocherhitztem Winde vortrefflich bewährt hat, und die neueren Öfen wurden fast stets so zugestellt.

Eine andere Änderung, die bei Kokshochöfen allgemeine Anwendung gefunden hat und die ebenfalls mit der Einführung höher erhitzten Windes zusammenhängt, ist die, dafs man den Rüssel der Blaseformen in das Gestell hineinragen läfst. Dadurch kann einerseits der Wind mehr bis in die Mitte des Gestells dringen, andererseits wird eine Schonung der Gestellwände und damit eine längere Erhaltung des Hochofens bewirkt. Dieses Vorragen der Windformen, das schon 1879 auf dem Edgar Thomson-Werk eingeführt wurde, darf aber nicht übertrieben werden. Nach Versuchen von Cochrane im Jahre 1882 nahm die Roheisenerzeugung bei einem Hochofen von 2,44 m Gestellweite von 483 auf 599 Tonnen in der Woche zu, nachdem man die Form von 305 mm auf 150 mm Vorlage zurückgezogen

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1896, S. 706, 896, 911.

hatte. Infolge des Vorliegens der Formen mufs man zwischen Gestellweite und dem Durchmesser des Formkreises unterscheiden.

Was die äufsere Form der Hochöfen betrifft, so kam man mehr und mehr davon ab, den inneren Ofen in ein dickes Rauhgemäuer einzubauen, wie es noch der Fig. 172 dargestellte Ofen zu Rothehütte am Harz zeigt.

Fig. 172.

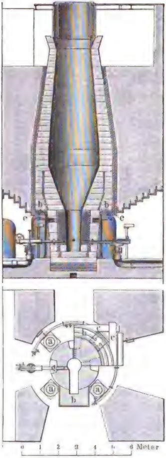
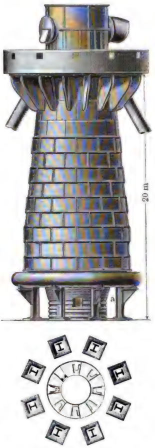


Fig. 173.

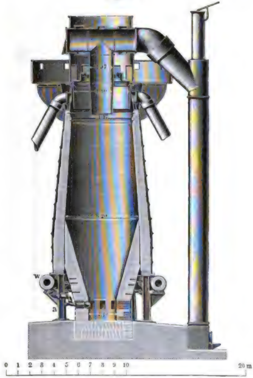


Blechmäntel und noch öfter eiserne Ringe hielten das gegen früher schwache Schachtmauerwerk zusammen. Bei den Öfen mit Blechmänteln, den sogenannten schottischen, liefs man das äufsere Schutzmauerwerk des Schachtes fort und stellte den aus feuerfesten Schamotte-

Digitized by Google

steinen aufgeführten Kernschacht direkt in den Blechmantel, wie es z. B. der 1874 auf der Friedrich-Wilhelmshütte bei Mülheim an der Ruhr von J. Schlink erbaute Hochofen (Fig. 173, 174) zeigt. Die Blechmäntel waren aber kostspielig und erschwerten die Zugänglichkeit des Schachtes bei erforderlichen Reparaturen. Versuche in Westfalen, die Schachtmäntel statt aus genieteten Platten aus zusammengeschraubten Ringen und Segmenten herzustellen, hatten sich nicht bewährt. Man ging deshalb vielfach dazu über, die Hochofenschächte ohne Rauhschacht ganz frei zu legen und die feuerfesten Steinlagen mit eisernen Bändern zu binden. Dies war in Deutschland zuerst auf der Ilseder Hütte 1864 und zu Neufs bei einem von C. und F. Büttgenbach erbauten Hochofen geschehen. Letztere Konstruktion wurde durch die Weltausstellungen in Paris 1867 und Wien 1873 in weiten Kreisen bekannt und auf verschiedenen Hüttenwerken besonders in Frankreich eingeführt. Das von Büttgenbach empfohlene Weglassen der eisernen Bänder hat sich aber nicht bewährt. Freistehende gebundene Schächte ohne Blechmantel fanden, nachdem man sich besonders auf der Gleiwitzer Hütte 1873 davon überzeugt hatte, dafs der Betrieb durch dieselben nicht nachteilig beeinflufst wurde[1]), mehr

Fig. 174.



[1]) Versuche zu Gleiwitz in der Zeitschr. für Berg-, Hütten- u. Salinenwesen XXII, S. 260.

und mehr Eingang und sind jetzt zur Regel geworden. Hierbei gab man dem Schachtmauerwerk des besseren Anschlusses der Eisenreife wegen zuweilen einen treppenförmigen Aufbau, wie z. B. 1890 auf der Friedenshütte in Schlesien (Fig. 175). Die freistehenden Schächte

Fig. 175.

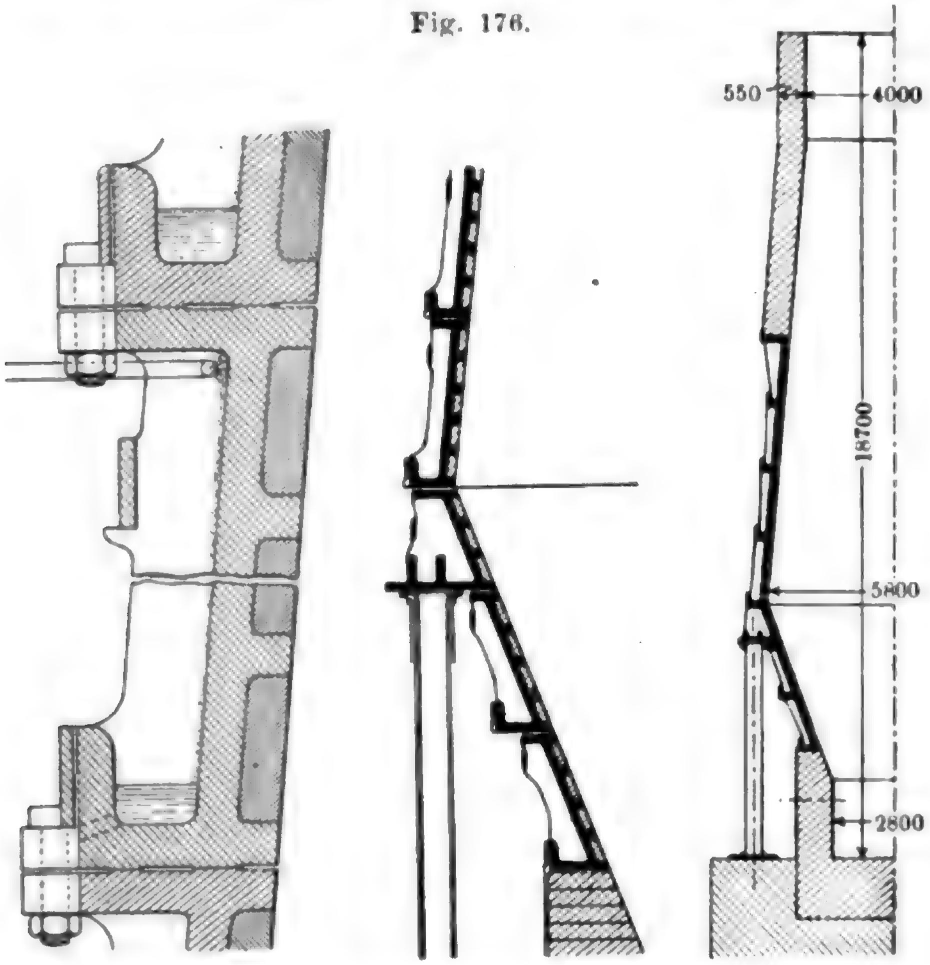
bedingten natürlich eine ganz veränderte Konstruktion für die Plattform der Gicht, worauf wir später noch zurückkommen werden. Neuerdings ist F. **Burgers**[1]) noch weiter gegangen, indem er den Hochofen zwischen Gestell und oberem Teil des Schachtes ganz aus Eisen herstellt. Fig. 176 stellt diese Konstruktion, wie sie bei einem Hochofen der Hütte Vulkan bei Duisburg mit Erfolg ausgeführt wurde, dar. Die eisernen Ringe, die den mittleren Teil des Ofens bilden, sind aus gufseisernen Platten von 1 m × 1½ m zusammengeschraubt. Der an dem oberen Teile der Rast befindliche Ring trägt einen Tragkranz, der auf den Tragsäulen ruht. Die vorspringenden unteren Flanschen der Ringe bilden Ringe, in denen sich das Spritzwasser, womit die Platten gekühlt

[1]) Stahl und Eisen 1900, S. 675.

werden, sammelt. Jeder Ring ist mit zwei Eisenbändern gebunden. Die Innenseiten der Platten haben Rippen, deren Zwischenräume mit Schamottesteinen ausgekleidet werden. Die Vorteile der Konstruktion bestehen in rascher Ausführbarkeit, leichter Kühlung und in der Erhaltung der Ofenform, die bei Steinmauerwerk durch Abschmelzen immer verändert wird.

Eine weitere radikale Änderung der Hochofenkonstruktion gegen früher war die Frei- und Hochlegung des Bodens. Von einem

Fig. 176.

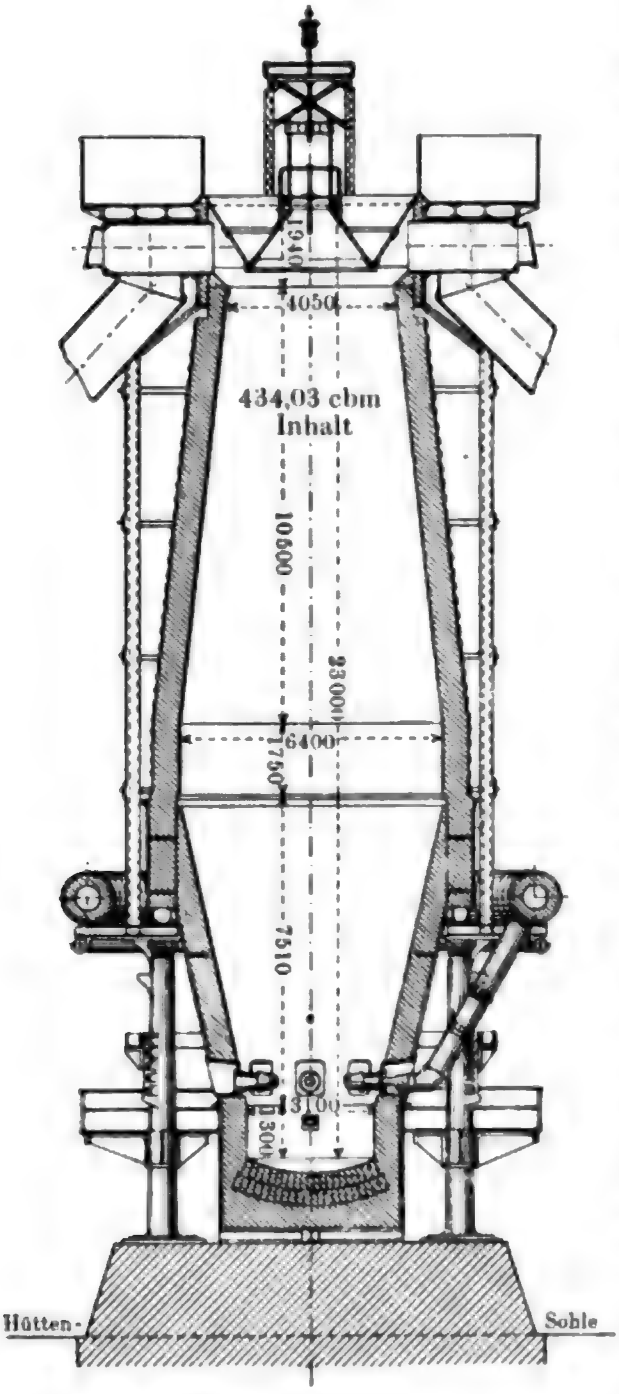


„Bodenstein" im eigentlichen Sinne des Wortes kann bei den modernen Öfen nicht mehr die Rede sein, indem es bei den weiten Gestellen nicht mehr möglich ist, den Boden durch einen einzigen Stein abzuschliefsen.

Zu diesem Zwecke waren die belgischen Puddingsteine von Marchienne noch am längsten verwendet worden. Sie sind aber fast überall verdrängt worden durch gemauerte Böden aus feuerfesten Steinen, welche gewölbeartig angeordnet sind (siehe Fig. 174, 175), und zwar in der Weise, dafs der mittelste Stein eine keilförmige Gestalt hat, die Fugen der folgenden Steine schräg zur Bodenfläche stehen und die äufserste Steinlage unter die Herdwand geht, so dafs

diese durch ihre Last den Boden zusammenhält. Gewöhnlich wird der Boden aus zwei Steinlagen zusammengesetzt und erhält eine Dicke von 1 bis $1^1/_2$ m. Diesen Boden pflegte man mit einem breiten Kranz von Ziegelmauerwerk, welcher die Sohle für die Tragsäulen und für die den Ofen bedienenden Arbeiter bildete, zu umgeben. Von dieser schützenden Einmauerung des Bodensteins ist man aber in neuerer Zeit abgekommen. Man legt vielmehr jetzt den Bodenstein möglichst frei, so daſs er ringsum zugänglich ist und mit Wasser gekühlt werden kann. Dabei legt man ihn nicht selten über die Hüttensohle.

Fig. 177.



Fritz W. Lürmann hatte bereits 1888 einen solchen Ofen (Fig. 177)[1]) konstruiert. Allerdings erfordert derselbe eine besondere Arbeitsbühne. Die Freilegung des Bodens erleichtert die nötig werdenden Reparaturen und befördert seine Erhaltung; die Hochlage erleichtert ferner das Abzapfen des flüssigen Inhaltes. Die Schlacken kann man in viel gröſsere Schlackenwagen abstechen als früher, das Eisen in Pfannenwagen, die auf Schienen laufen und fortgefahren werden, was in vielen Werken, welche Roheisen für Fluſseisenfabrikation herstellen, besonders denen, welche Thomaseisen erblasen und mit dem Mischer arbeiten, notwendig ist. Man hat den freiliegenden Bodenstein seit 1888 öfter mit einem Blechmantel umgeben und auf eisernen Schienen frei aufgelagert, so zu Donawitz (Fig. 178) 1892, wodurch man ihn noch besser im Bedarfsfalle von allen Seiten kühlen

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1896, S. 810, Fig. 13.

Digitized by Google

konnte. In Amerika wurde hierfür 1888 ein Patent erteilt; fast gleichzeitig empfahl **Lürmann** diese Konstruktion in Deutschland [1]).

Man wendet auch doppelte Panzerung an Untergestell und Bodenstein an. Fig. 179 [2]) zeigt eine solche nach dem System von **Gorjainow** und **Pierron** der Alexandrowskihütte zu Jekaterinoslaw in Südrufsland. Der Hohlraum E zwischen dem inneren und dem äufseren Panzer wird mit Masse ausgestampft. Über dem oberen dachförmigen Abschlufs EF rieselt Wasser, welches in der Rinne G gesammelt wird.

Fig. 178.

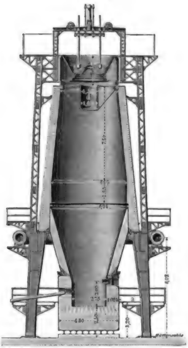
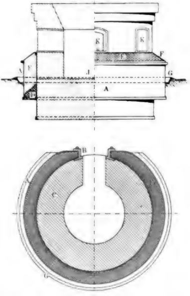


Fig. 179.



Die Grundsätze für die Anlage des Bodens eines Hochofens in früherer Zeit und jetzt haben sich vollständig umgekehrt. Früher legte man den Bodenstein unter die Hüttensohle, mauerte ihn ein und schützte ihn vor Abkühlung und Feuchtigkeit durch den darunter angebrachten Kreuzkanal (Andreaskreuz), kurzum, man versuchte den Bodenstein warm und trocken zu halten. Der Kreuzkanal ist seit Einführung des heifsen Windes verschwunden und gehört jetzt bereits

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1888, S. 303.
[2]) Daselbst 1898, S. 658, Fig. 1.

Digitized by Google

zu den historischen Kuriositäten einer vergangenen Zeit. Heute legt man den Boden frei und kühlt ihn und zwar in Amerika nicht nur ringsum, sondern auch von unten.

Der Vorschlag von Konst. Steffen[1]) von 1887, dem Bodenstein die Gestalt eines Kugelabschnitts zu geben und das Gestell bis zu den Formen zusammenzuziehen, hat eine praktische Bedeutung nicht erlangt.

Fig. 180.

Die Freilegung des Ofengestells, ebenfalls eine Folge der Einführung der Winderhitzung, war schon vor Beginn dieses Zeitabschnitts zur Regel geworden. Die Wasserkühlung gestattete überdies, die Dicke der Gestellwandung zu verschwächen. In Amerika mauerte man das Gestell in einen Cylinder von Kesselblech ein (Patent Wheeler). Zu Firmiry in Frankreich ging man 1891 so weit, das Untergestell eines Hochofens ganz aus einem 150 mm dicken Mantel von Flufseisenstücken herzustellen[2]). F. W. Lürmann schlug 1888 auswechselbare Gestelle vor. Ein solches hatte Carl Fröhlich schon 1876 bei einem Raschetteofen zu Nischnei-Tagilsk eingeführt. Dieses Gestell hatte elliptischen Querschnitt.

Freistehende Gestelle haben meistens eine Wandstärke von 0,9 bis 1 m. So lange man die Gestelle aus Natursteinen herstellte, wählte man durchgehende, grofse Steine, entsprechend der Dicke der Gestellwand. Diesen Grundsatz hielt man auch anfangs noch fest, als man die Natursteine durch Schamottesteine ersetzte; in neuerer Zeit mauert man aber auch Gestell und Rast ebenso

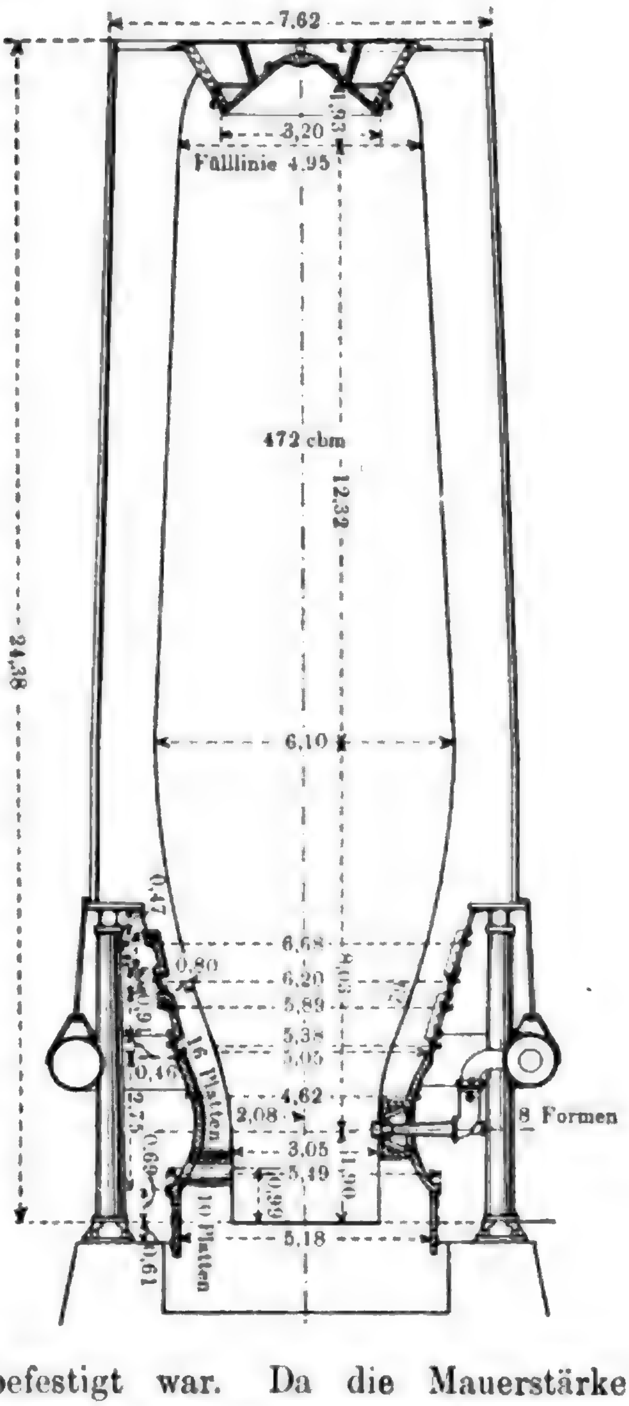
[1]) Siehe Stahl und Eisen 1887, S. 203.

[2]) Siehe Bulletin de la soc. de l'industr. minerale, März 1892; Stahl u. Eisen 1892, S. 849.

Digitized by Google

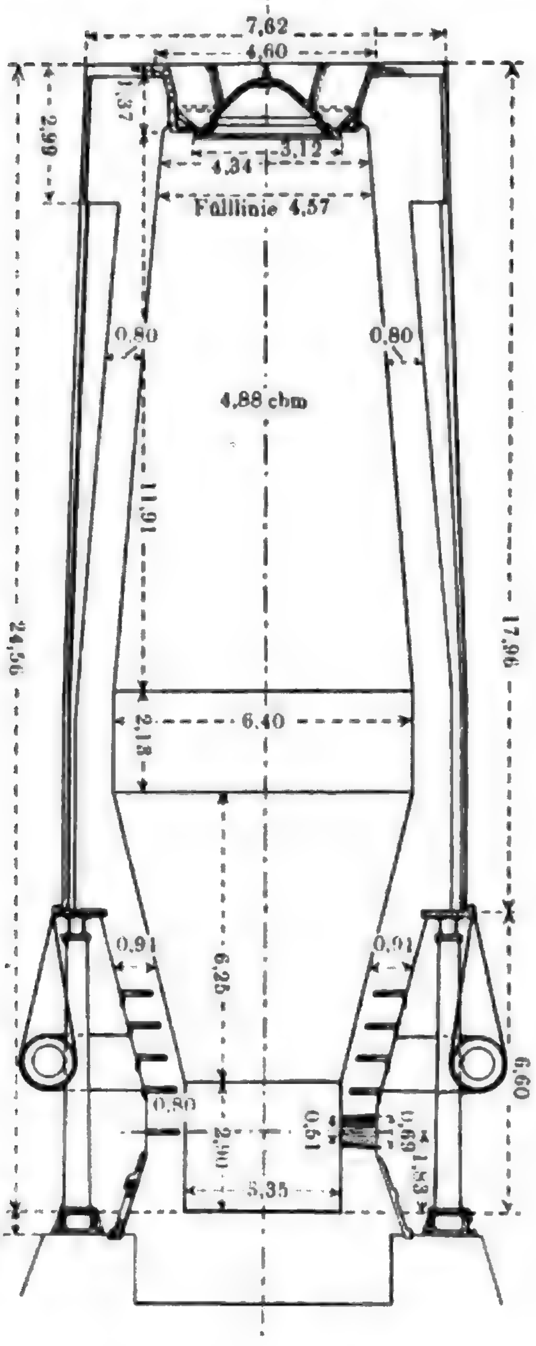
wie den Schacht aus einer gröfseren Anzahl kleiner Steine auf, wie es in Fig. 180 an dem 1892 erbauten Hochofen der Dortmunder Union zu sehen ist. In dieser Weise war der Ofen I der Edgar Thomson-Werke in Pennsylvanien schon 1879 gebaut worden. Übrigens arbeitete Dietrich in Aplerbeck bereits 1867 mit einem aus gewöhnlichen Schachtsteinen gemauerten Gestell. In Amerika wurden Rast und Gestell der aus kleinen Steinen aufgebauten Öfen ebenfalls mit starken Eisenschienen gebunden. Die wassergekühlten Steinwände machte man (1887) meist nur 450 mm stark. An Stelle der „Krinolinen-Verankerung", die sich nicht bewährte, trat eine förmliche Panzerung mit Kühlplatten. Der Herd des 1882 angeblasenen Hochofens der Edgar Thomson-Werke war mit Kühlplatten umgeben und unten um diese eine Rinne angebracht, durch welche das ablaufende Kühlwasser abflofs und so zugleich den Bodenstein schützte. Über diese war eine zweite Reihe Platten zum Schutz der Umgebung der Formgewölbe angeordnet und teilweise in die feuerfesten Steine eingelassen. Die Rast war von einem Blechmantel von 13 mm Dicke eingeschlossen, welcher oben am Tragring befestigt war. Da die Mauerstärke der Rast nur 570 mm betrug, so bewirkte die den Blechmantel bestreichende Luft schon eine ausreichende Kühlung. Auch diese Einrichtung genügte bei dem forcierten Betriebe nicht und man ersetzte sie bei der Neuzustellung 1885 durch das wassergekühlte „Korsett", wie es der Edgar Thomson-Ofen von 1885 in Fig. 181 zeigt.

Fig. 181.



Gestell und Rast sind hier mit gröfster Sorgfalt geschützt. Der untere Teil des Gestells ist mit 10 Gufsplatten umkleidet, auf diesem ruht das wassergekühlte Korsett aus 16 Platten, welche mit Gelenken verbunden sind und am oberen und unteren Ende durch Flacheisenbänder zusammengehalten werden. Die Rast ist nicht durch einen Blechmantel, sondern durch zwei Reihen von wassergekühlten Platten geschützt. Die Formen liegen in Bronzekühlern, die wieder in eiserne Kühlkasten[1]) eingelassen sind. 1887 änderte man diese komplizierte Panzerung in der Weise ab, wie es der Edgar Thomson-Ofen von 1887 (Fig. 182) zeigt. Die Wasserkühlung über den Formen geschah durch eingemauerte, horizontale Kühlplatten aus Bronze, von denen je acht Stück einen Ring bildeten. Zwischen den Formen wurden gufseiserne Kühlplatten angebracht. Der Herd war durch wassergekühlte Platten geschützt, deren schräge Lage eine gröfsere Wandstärke am Boden zuliefs.

Fig. 182.



Eingemauerte gufseiserne Kühlplatten zur Gestell- und Rastkühlung waren in England und Deutschland schon in den sechziger Jahren in Anwendung. In den Vereinigten Staaten wurden sie 1877 von J. Hunt auf den Crane-Eisenwerken eingeführt. Bronzeplatten führten Cremer (1884) und Kennedy ein[2]).

Die Wasserkühlung der Rast, die in Deutschland schon früher in Anwendung war, z. B. zu Mülheim a. d. Ruhr (1874), hat sich

[1]) Formkühlkasten waren auf der Georg-Marienhütte bei Osnabrück seit 1872 mit Erfolg in Anwendung.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1892, S. 424.

gut bewährt. Statt rings umlaufender Kühlkränze wendet man auch verteilte Kühlkästen an, wie es Fig. 174 zeigt[1]). Zu Mülheim versah Schlink 1881 auch den Schacht mit Kühlkasten[2]). Es waren 13 offene Kühlringe in je 600 mm Abstand voneinander. Zwischen den Formen legt man zur Kühlung des Gestells auch öfter wassergekühlte Blindformen ein. C. Fronheiser führte auf dem Cambria-Eisenwerk statt der Platten eine gröfsere Zahl von Bronzekühlkasten ein, die in der Weise, wie Fig. 183 zeigt, angeordnet waren. Fig. 184 zeigt Gestell und Rast eines der neuen Riesenöfen von Youngstown. Zwei Reihen von Kühlkästen liegen unter den Gebläseformen, neun Reihen liegen in der Rast. Die Zahl der bronzenen Kühlkasten beträgt über 130. In den Vereinigten Staaten baut man neuerdings auch in den unteren Teil der Schachtmauer wassergekühlte Platten ein, so z. B. 1895 zu Buffalo[3]).

Fig. 183.

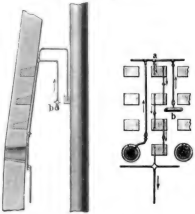
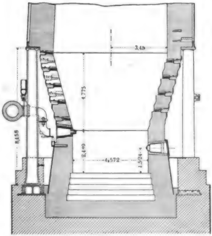


Fig. 184.



Aus dem Vorhergehenden ersieht man, welche Wichtigkeit die Kühlvorrichtungen für den Hochofen erlangt hatten. Statt der ringsum geschlossenen wassergekühlten Windformen wendete G. Hilgenstock

[1]) Siehe Ledebur, Handbuch, S. 393.
[2]) Siehe Kerpely, Anlagen von Eisenhütten, Taf. 85, Fig. 1 bis 4.
[3]) Stahl und Eisen 1900, S. 1104.

in Hörde Wasserformen an, welche hinten offen waren (Fig. 185). Sie waren leichter zu reinigen, ließen sich besser beobachten, wodurch namentlich die Gefahr des Leckwerdens und des Eintritts von Wasser in den Ofen vermindert war. Diese hinten offenen Windformen wurden auf mehreren Hüttenwerken eingeführt. Ähnliche Formen waren früher schon von Teichmann, Hodgett (1870), Loyd (1876) und Plum (1878) angewendet worden.

Fig. 185.

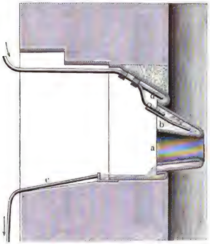
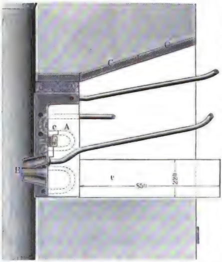


Fig. 186.



Die Lürmannsche Schlackenform war ebenfalls nicht nur selbst mit Wasserkühlung versehen, sondern wurde auch in einen aus mit Wasser gekühlten gußeisernen Platten hergestellten Kasten eingesetzt (Fig. 186). Ferner führte Lürmann auch die Wasserkühlung des Abstichloches ein, indem er dasselbe mit ähnlichen Kühlplatten umgab.

Die vermehrte Wasserkühlung bei dem Hochofen steigerte den Wasserbedarf bedeutend, rechnete man doch auf jede Windform 60 bis 70 Liter in der Minute, für jeden zugehörigen Kühlkasten 75 bis 100 Liter in der Minute.

Bei einem heißgehenden Hochofen beträgt der Wasserbedarf zur Kühlung an 2000 Liter in der Minute, steigert sich aber bei großen Öfen mitunter auf mehr als das Doppelte. Diese Wasser-

Digitized by Google

menge entspricht einem ganz stattlichen Bach. Die Umkleidung der Rast und zuweilen auch des Gestells mit einem geschlossenen Blechmantel, wie z. B. bei dem Ofen von Donawitz (Fig. 178[1]), hat, wie bei dem gemantelten Schacht, den Nachteil, dafs sie das Mauerwerk unzugänglich macht und Reparaturen erschwert, andererseits gestattet der Blechmantel der Rast eine energische Kühlung durch Anspritzen von Wasser und hierdurch eine Verschwächung des Mauerwerks bis auf 0,33 m. Lürmann schlug 1887 vor, den Blechmantel der Rast an die Tragsäulen des Ofens zu hängen. Bei einem Holzkohlenhochofen zu Ria bei Prades in den Ostpyrenäen ging man[2]) 1892 so weit, die gemauerte Rast ganz durch eine wassergekühlte Blechrast, die nur mit feuerfestem Thon ausgestrichen wurde, zu ersetzen[3]), und zu Firminy machte man einen Herd ganz aus Gufsstahl von 25 cm Dicke.

Die Einführung der Hochöfen mit freistehendem Schacht hatte eine veränderte Konstruktion der Ofengicht zur Folge. Die Plattform des Hochofens, welche bei den Öfen mit Blechmänteln auf an diesen befestigten Konsolen ruhte (Fig. 173), mufste durch eiserne Säulen oder Ständer unterstützt werden. Büttgenbach hatte dafür eiserne Rohre genommen, die gleichzeitig zur Gasabführung dienten. Diese Konstruktion ist aber durchaus verwerflich und jetzt überall verlassen. Fig. 175 und 178 zeigen zwei verschiedene Konstruktionen solcher Gichtbühnen.

Bei dem Ofen zu Donawitz von 1892 (Fig. 178) tragen die starken Hauptständer zugleich den Ofenschacht. Dieses Gerüst trägt auch den Gasfang.

Betrachten wir aber zunächst das Material für das Ofenmauerwerk. Schamotteziegel waren auch in dieser Periode am gebräuchlichsten. Die Herstellung derselben hatte in Deutschland und Frankreich grofse Fortschritte gemacht, so dafs man nicht mehr von dem Bezug von englischen und belgischen Steinen abhängig war. Im Anfang der siebziger Jahre galten zwar Garnkirksteine in Europa immer noch als die besten; so wurden z. B. 1873 Gestell und Rast des neu aufgebauten Karstenofens zu Gleiwitz noch mit solchen Steinen zugestellt. Heute liefern einheimische Thonwerke Hochofensteine von gleicher Güte. Dieselben haben meist einen Thonerdegehalt von

---

[1]) Vergl. auch Stahl und Eisen 1895, S. 120, Fig. 7, Ofen von Rombach.

[2]) J. Holtzer, Dorian & Co.

[3]) Siehe Bulletin de la soc. de l'industrie minerale, T. XII, II, 1892; Stahl und Eisen 1893, S. 236.

Digitized by Google

36 bis zu 44 Prozent. Ein Zusatz von Rakonitzer Schieferthon hat sich in Österreich und Ost-Deutschland bewährt. Während man früher nur Steine von 150 mm Stärke und 600 mm und mehr Länge nahm, verwendet man jetzt für die Schächte Steine von 100 mm auf 300 mm, ja man hat ganze Hochöfen mit Steinen von 70 bis 80 mm Stärke auf 250 mm Länge erbaut.

An Stelle der Schamottesteine hat man zuerst 1887 und dann seit 1890 mehrfach Kohlenstoffziegel, deren Herstellung Burgers verbessert hat, meist nur für Gestell und Bodenstein angewendet, doch war der Erfolg wenigstens bei der Darstellung von weifsem Roheisen den Hoffnungen nicht immer entsprechend. Graphitziegel waren (nach Pourcel) schon Anfang der achtziger Jahre in Frankreich zuweilen verwendet worden. Magnesiaziegel haben sich als sehr feuerbeständige Herdsteine bewährt[1]). Von der Massezustellung ist man fast ganz abgekommen.

Eine eigentümliche Veränderung erleiden zuweilen die künstlichen Hochofensteine durch die Einwirkung und Zersetzung der Gase, indem sie von ausgeschiedenem Kohlenstoff durchdrungen und verdrängt werden; es tritt eine förmliche Metamorphose ein, die für die Stabilität des Ofenschachtes unter Umständen bedenklich werden kann. Pattinson beobachtete eine sehr ausgedehnte Umwandlung dieser Art an einem Hochofen von Bees Iron Works bei Middlesborough, der im September 1870 angeblasen und im Oktober 1875 ausgeblasen worden war. Nach den Untersuchungen von Lowthian Bell wird diese Zerlegung durch Oxyde des Eisens in den Schachtsteinen veranlafst und eingeleitet. Es ist deshalb sehr wichtig, dafs die Hochofensteine eisenfrei sind[2]).

Die Abführung der Hochofengase und die geschlossene Gicht kamen allgemein auch in England und Amerika zur Einführung.

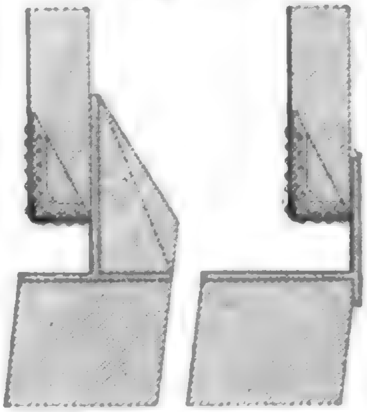
Bei den freistehenden Schächten konnte der Gasfang nicht mehr auf dem Mauerwerk aufruhen, sondern wurde mit dem eisernen Gerüste, welches das Gichtplateau trägt, verbunden. Da aber der Schacht durch die Hitze ausgedehnt wird oder wächst, während die Gasglocke feststeht, so wurde es notwendig, einen Verschlufs herzustellen. Dies geschah in einfacher Weise durch die von C. Steffen und Lürmann um 1887 unabhängig voneinander erfundene Hochofenstopfbüchse, wie solche an dem Ofen von Donawitz und in ähnlicher Form an

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1891, S. 984.
[2]) Comptes rendus, Septbr. 1877.

einem Ofen zu Aplerbeck aus den beiden Fig. 187 zu ersehen ist. Das untere Schachtmauerwerk kann sich heben und senken, ohne dafs der Schlufs mit der oberen Wand des Gasfangs aufgehoben wird.

Von den Gasfängen läfst sich im allgemeinen sagen, dafs in England und Amerika der einfache Parrysche Trichter mit seitlichem Abzug am allgemeinsten in Anwendung war, während man in Deutschland die Gichtverschlüsse mit Centralrohr vorzog. Letztere sind verschiedener Art. Bei dem Hochofen der Friedrich-Wilhelmhütte bei Mülheim a. d. Ruhr von 1874 (Fig. 174) sieht man eine Kombination des Pfortschen Cylinders mit dem Darbyschen Centralrohr.

Fig. 187.



Bei dem Parryschen Trichter führte Wrightson[1]) um 1871 einen automatischen Verschlufs durch Hebel, Gegengewicht und hydraulische Bremse ein. Den von Hoffschen Gasfang oder den Parryschen Trichter in Verbindung mit Centralrohr, wie sie besonders im Ruhr- und im Minettegebiet häufig angewendet wurden, hatte man dadurch verbessert, dafs man das Gasableitungsrohr nach unten verlängerte, so dafs sein Rand unter die Beschickungsoberfläche hinabtaucht. Dies befördert das Aufsteigen des Gasstroms in der Mitte des Ofens und die Auflockerung der Beschickung daselbst. Zuweilen begnügte man sich, anstatt das Gasrohr zu verlängern, damit, einen offenen Cylinder in die Mitte einzuhängen, den man auch verstellbar machen konnte[2]).

Der Langensche Glockenapparat war vielfach, besonders auch in Oberschlesien, verbreitet. Auch bei diesem hatte man öfter das erwähnte Centralrohr angebracht, zuweilen in Verbindung mit einem eingehängten Ringcylinder und Ableitung eines Teils der Gase am Rand, wie z. B. auf der Aplerbecker Hütte.

Der 1874 von G. Buderus auf der Main-Weserhütte angewendete Gasfang ist eine Kombination des von Hoffschen und Langenschen Gasfangs, bei dem der Verteilungskegel verstellbar ist, wodurch ein besseres Aufgichten der Beschickung ermöglicht wird[3]). Auch Schlinks verbesserter Parry (1881) bezweckte hauptsächlich eine bessere Verteilung der Gichten.

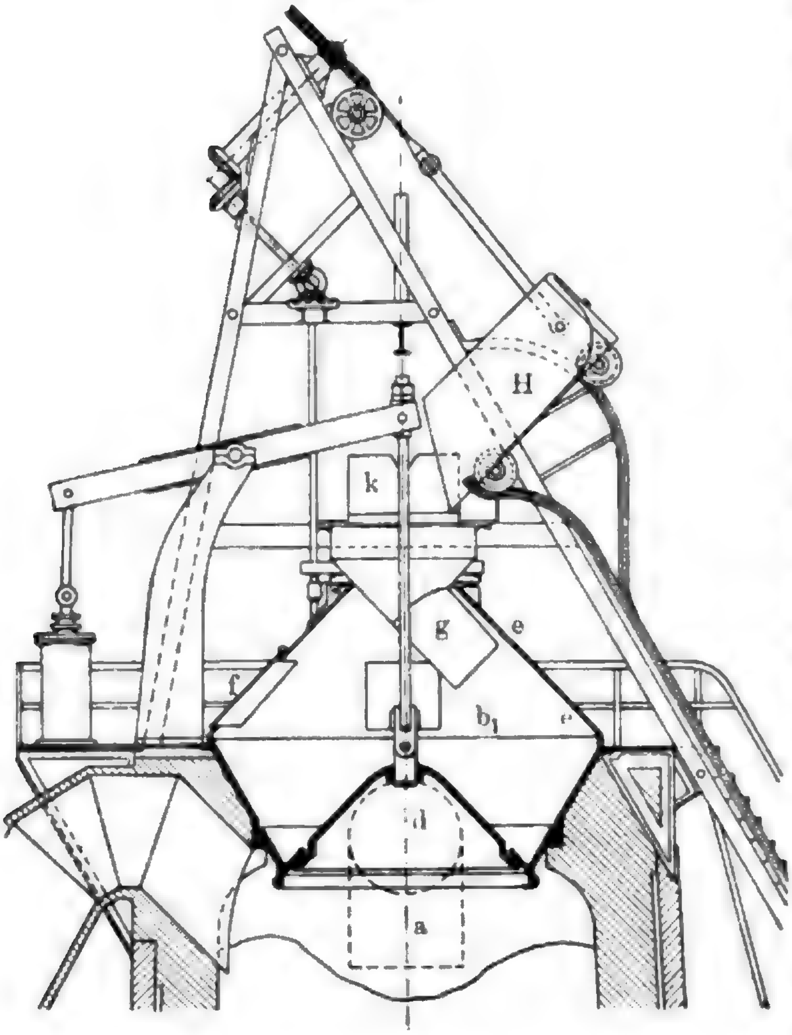
---

[1]) Siehe Journal of the Iron and Steel Institute 1872, II, p. 236.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1890, Taf. IX.
[3]) Vergl. Ledebur, Handbuch der Eisenhüttenkunde, S. 407.

Die Wahl des einen oder des anderen Apparates hing teilweise von der Beschaffenheit der Beschickung ab. Die Bewegung der Gasfänge geschieht jetzt fast überall durch Dampfaufzüge.

Alle vorerwähnten Gichtgasfänge öffnen beim Beschicken den Ofen, wodurch ein Teil der Gase ins Freie entweicht. Dies ist lästig für die Aufgeber und hat einen nicht unbeträchtlichen Verlust an Wärme zur Folge. Durch zweckmäfsige Konstruktion und das Bewegen der Gasfänge durch Dampfcylinder hat man die Zeit des Offenstehens der Gasfänge zum Zwecke der Beschickung sehr abgekürzt, so dafs sie oft nicht mehr als eine halbe Minute dauert. Weit vollkommener wird aber der Gasverlust durch die neuerdings in Aufnahme gekommenen doppelten Gichtverschlüsse verhindert. Diese sind zuerst in den Vereinigten Staaten zur Einführung gekommen und zwar hauptsächlich infolge des dort eingeführten automatischen Aufgichtens.

Fig. 188.



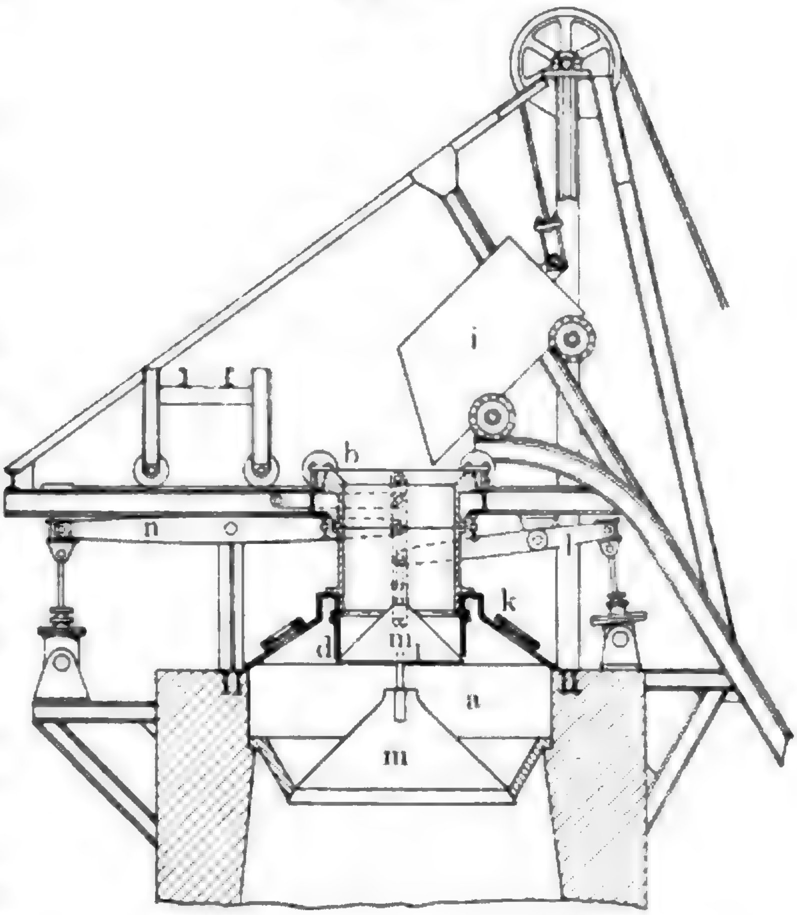
Der älteste doppelte Gichtverschlufs ist der von Kennedy und Scott, der 1886 bei den Lucy-Hochöfen bei Pittsburg, Pa., in Anwendung kam. Fig. 188 zeigt seine Einrichtung. Das Aufgichten geschieht so, dafs der Hund *H*, dessen Führungsseil über die oben befindliche Trommel läuft, seinen Inhalt in den Schütttrichter *g* entleert, durch Heben des Kolbens des Dampfcylinders *p* senken sich vier Bodenklappen wodurch die Beschickung aus dem Trichter *g* in den geschlossenen Raum b_1 fällt, alsdann wird, nachdem die Klappen wieder geschlossen sind, mittels des Dampfcylinders *t* und des Hebels *r* der Parrysche Trichter *d* gesenkt, wodurch die Beschickung in den Ofen rutscht.

Digitized by Google

Eine noch bessere Einrichtung der automatischen Begichtung hatte der bald darauf von Fayette Brown erfundene doppelte Gichtverschlufs[1]).

Suppes in Lorain (Ohio) hat diesen in der (Fig. 189) dargestellten Weise verbessert. Auch hier wird der Hund *i* auf ein ausgeschweiftes Geleise geführt und durch Anziehen des am Hinterteil befestigten Drahtseils in das Möllergefäfs *b*, das einen beweglichen Trichterboden hat, entleert.

Fig. 189.



In England hat Lewes einen doppelten Gasfang erfunden.

In Deutschland war es die Burbacher Hütte, die zuerst einen von der Dinglerschen Maschinenfabrik in Zweibrücken ausgeführten Parryschen Trichter mit Deckelverschlufs verwendete. 1898 wurde auf der neuen Donnersmarkhütte ein von Dr. Neumark entworfener Langenscher Gasfang mit Deckelverschlufs[2]) eingeführt.

Der doppelte Gichtverschlufs der neuen Hochofenanlage zu Duquesne entspricht im wesentlichen der Fig. 189 dargestellten Einrichtung von Suppes zu Lorain (Ohio). Fig. 190 (a. f. S.) giebt ein Gesamtbild eines dieser Hochöfen mit dem Gichtaufzug und der Gasleitung[3]).

Die Ableitung der Gase erfolgt durch Eisenblechrohre, die bei gröfseren Kokshochöfen bis 2,5 m und mehr Durchmesser haben. Nahe dem Gasfang befindet sich ein Absperrventil, welches man häufig selbstthätig mit demselben verbindet. Die Gichtgase müssen

---

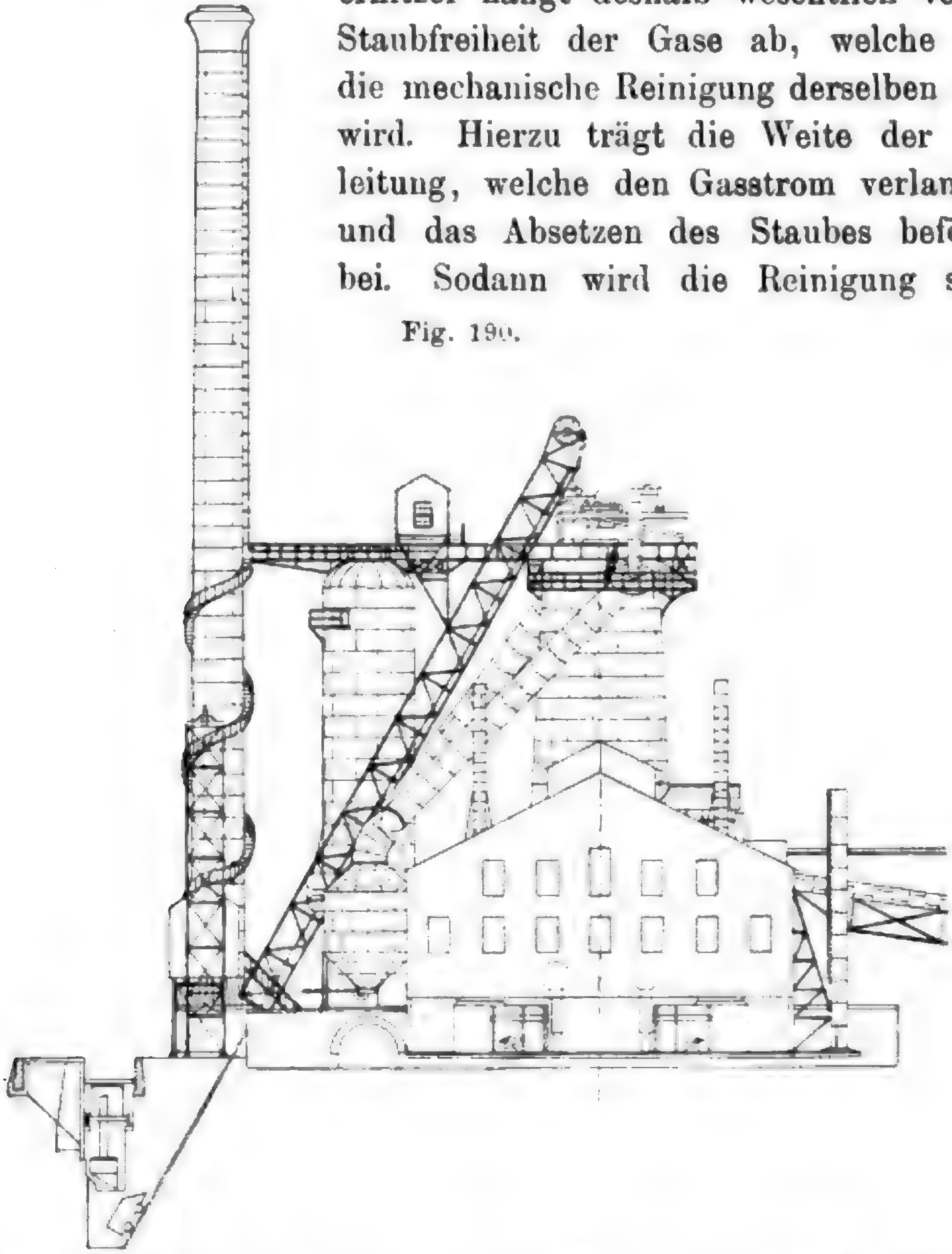
[1]) Abgebildet in Stahl und Eisen 1898, S. 891, Fig. 3.

[2]) Siehe Aufsatz von Oscar Simmersbach, a. a. O., S. 893.

[3]) Vergl. die neue Hochofenanlage in Lorain, Stahl und Eisen 1898, S. 855.

von dem mitgeführten Wasserdampf und Gichtstaub gereinigt werden. Seit Einführung der steinernen Winderhitzer ist die Reinigung von Staub eine noch wichtigere Sache geworden wie früher. Die engen Kanäle der Cowperapparate sind sehr der Gefahr ausgesetzt, sich durch den Gichtstaub zu verstopfen. Der gute Betrieb dieser Winderhitzer hängt deshalb wesentlich von der Staubfreiheit der Gase ab, welche durch die mechanische Reinigung derselben erzielt wird. Hierzu trägt die Weite der Rohrleitung, welche den Gasstrom verlangsamt und das Absetzen des Staubes befördert, bei. Sodann wird die Reinigung sowohl durch Waschkästen als durch grofse Staubsammelgefäfse (Trockenreiniger) bewirkt.

Fig. 190.



Dieselben sind von sehr verschiedener Form, beruhen aber fast alle auf dem Princip, dafs der Gasstrom durch Eintritt in einen weiten Raum verlangsamt wird, wodurch der Staub zu Boden fällt und zwar meist in einen Waschkasten, während das gereinigte Gas, das man öfter durch Scheidewände zwingt, vor seinem Austritt mehrmals auf- und niederzusteigen, am entferntesten obersten Punkte

abgeleitet wird. Eine einfache Anlage dieser Art sehen wir an dem Hochofen von Mülheim (Fig. 174). Eine andere wirksamere Anlage ist der Staubreiniger der Hochofenanlage von Metz & Co. zu Esch in Luxemburg (Fig. 191, 192[1]). Bei der Verhüttung zinkischer

Fig. 191.

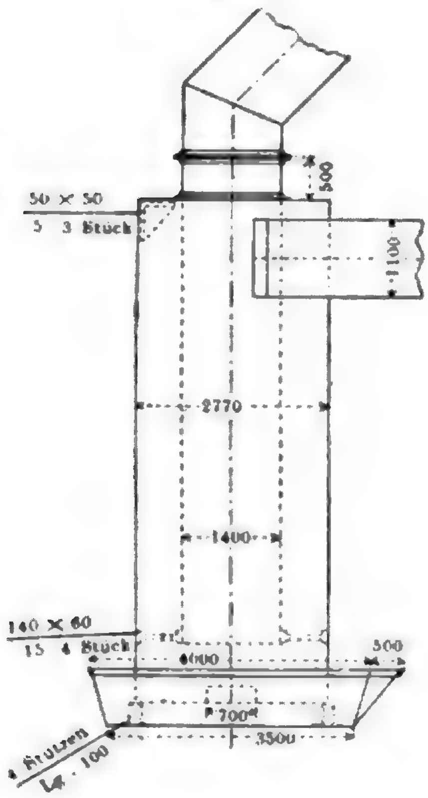
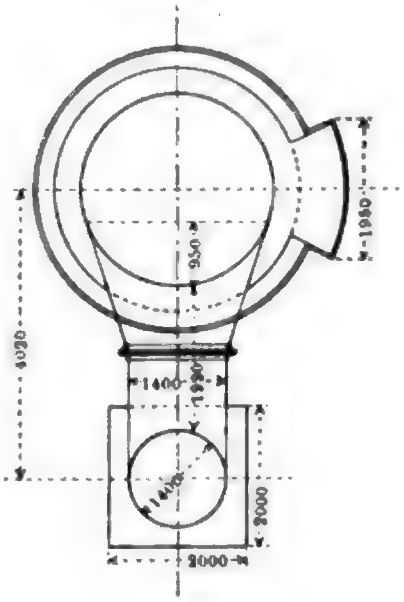


Fig. 192.



Erze macht man die Gasreinigungsapparate noch gröſser und komplizierter[2]). Bei horizontalen Gasleitungen müssen unten trichterförmige Staubsäcke angebracht werden, um den Staub von Zeit zu Zeit entfernen zu können[3]).

Patente für Trockenreiniger für Hochofengase nahmen unter anderen H. Macco (D. R. P. Nr. 24557 vom 7. Jan. 1883), H. Macco und O. Schrader (D. R. P. Nr. 28003). Möllers Patent (D. R. P. Nr. 17085) bezweckte Filtration der Hochofengase durch Schlackenwolle.

Fig. 193 (a. f. S.) zeigt eine solche Gichtgasreinigung der Redenhütte in Oberschlesien[4]). Für staubarme Gase genügt die Trockenreinigung, für staubreiche Gase wendet man Waschkästen und Brausen an. Belani erfand schon 1876 einen Staubanfeuchter. In England wurden 1883 Gaswaschapparate angegeben von J. Alexandre und M'Cosh, von Young und Beilby, von Neilson, von Addie, von Ingham u. a.

---

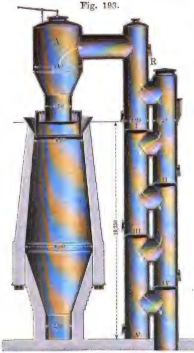
[1]) Aus Stahl und Eisen 1890, Taf. XI.
[2]) Daselbst 1886, S. 532; 1889, S. 920.
[3]) Daselbst 1896, S. 955; 1897, S. 55.
[4]) Vergl. auch die Beschreibung der Cavernes secs zu St. Nazaire von Const. Steffen; Stahl und Eisen 1883, S. 69.

Digitized by Google

Für die Nafsreiniger benutzt man öfter die Körtingschen Streudüsen, um durch fein verteilten Dampf und Wasser den Staub niederzuschlagen[1]).

Neuerdings ist ein von Eduard Theisen erfundenes Centrifugalgasreinigungsverfahren[2]) in Aufnahme gekommen. Die Reinigung geschieht in einem Cylinderkessel mittels einer rasch rotierenden Flügeltrommel, die Staub und Wasser nach der Peripherie treibt.

Fig. 193.



Dr. H. Möller reinigte 1884 die Hochofengase zu Creutzthal mittels Durchleiten durch Schlackenwolle (D. R. P. Nr. 26 663). Die bessere Reinigung der Hochofengase hat wesentlich zu der Verbreitung der für die Fortschritte des Hochofenbetriebes so wichtigen steinernen Winderhitzer beigetragen.

Welche Mengen von Gichtstaub die Hochofengase zuweilen aber mit sich führen, haben (um 1876) die Messungen von Stöckmann, Wolters, Wiebner u. a. bewiesen. Letzterer ermittelte bei einem Hochofen zu Gleiwitz 57 kg auf die Tonne oder 2000 kg in 24 Stunden.

Bei den Gichtaufzügen, welche die Schmelzmaterialien auf den Ofen besorgen, sind Fortschritte darin gemacht worden, dafs man sie, entsprechend dem intensiveren Betriebe, stärker und geräumiger anlegte. Wasseraufzüge werden bei den hohen Öfen kaum mehr angewendet. Der von Gjers Anfang der siebziger Jahre konstruierte pneumatische Gichtaufzug (Fig. 194), bei dem die Bewegung der Bühne und Förderwagen (d) durch einen, in einem hohen Rohr sich

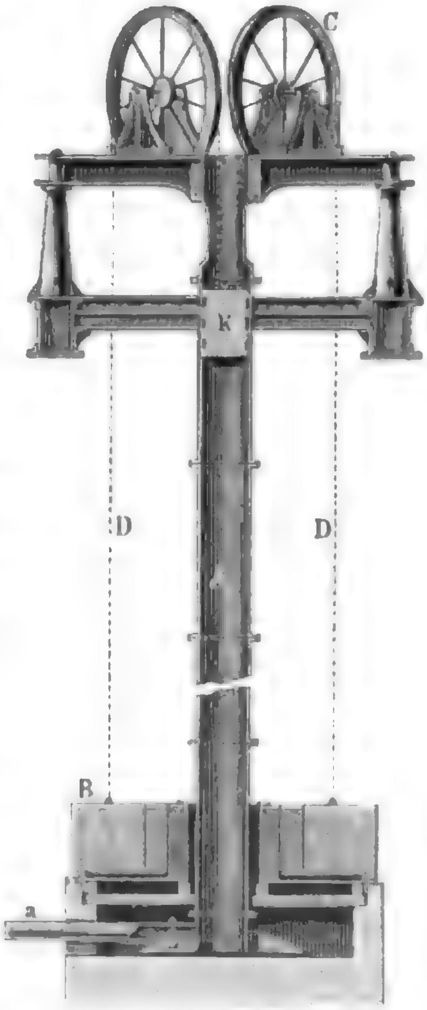
[1]) Siehe Stahl und Eisen 1897, S. 145.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1900, S. 1037.

Digitized by Google

durch Luftüberdruck und Luftverdünnung auf- und abbewegenden Plunger-Kolben erfolgt, hat auf mehreren Hütten Anwendung gefunden. In den meisten Fällen geschieht aber die Förderung mit unmittelbarer Seilbewegung mit Hülfe einer Dampfmaschine, die man aber bei den hohen Öfen nicht mehr, wie früher vielfach, auf die Gicht, sondern auf die Hüttensohle stellt. Es sind meist liegende Zwillingsmaschinen ohne Schwungrad, welche eine Seiltrommel bewegen, auf der sich die beiden über Seilscheiben laufenden Drahtseile in entgegensetzter Richtung auf- und abwickeln.

Fig. 194.



In den Vereinigten Staaten bediente man sich in den siebziger Jahren ebenfalls noch vielfach pneumatischer Aufzüge, neuerdings ist man infolge der Einführung der mechanischen Beschickung der Hochöfen wieder zu den schiefen Ebenen zurückgekehrt.

Der Niedergang der Gichten im Hochofen und das Zeichen zur Aufgabe einer neuen Gicht wird schon seit langer Zeit durch selbstthätige Signal- und Registrierapparate bewirkt.

Zum Aufgeben der Schmelzmaterialien hat man verschiedene mehr oder weniger selbstthätige Apparate konstruiert. Die Crane-Elevator-Company baute solche 1872 für die Joliet- und Vulcanwerke. Wrightson erfand Anfang der siebziger Jahre einen hydraulischen Chargierapparat für Hochöfen mit Parryschem Trichter. Gichtaufzüge mit selbstthätiger Begichtung wurden in den Vereinigten Staaten seit Ende der siebziger Jahre immer mehr eingeführt, unter anderen hatte Weimer einen solchen Apparat für die Lebanonöfen konstruiert. Die österreichisch-ungarische Staatseisenbahngesellschaft hatte auf ihrem Hüttenwerk Anina die Einrichtung getroffen, die ganze Gicht durch einen einzigen Wagen in den Fülltrichter des Hochofens zu stürzen[1]).

Der von Fayette-Brown erfundene, um 1887 auf dem Riverside-

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1889, S. 992.

Digitized by Google

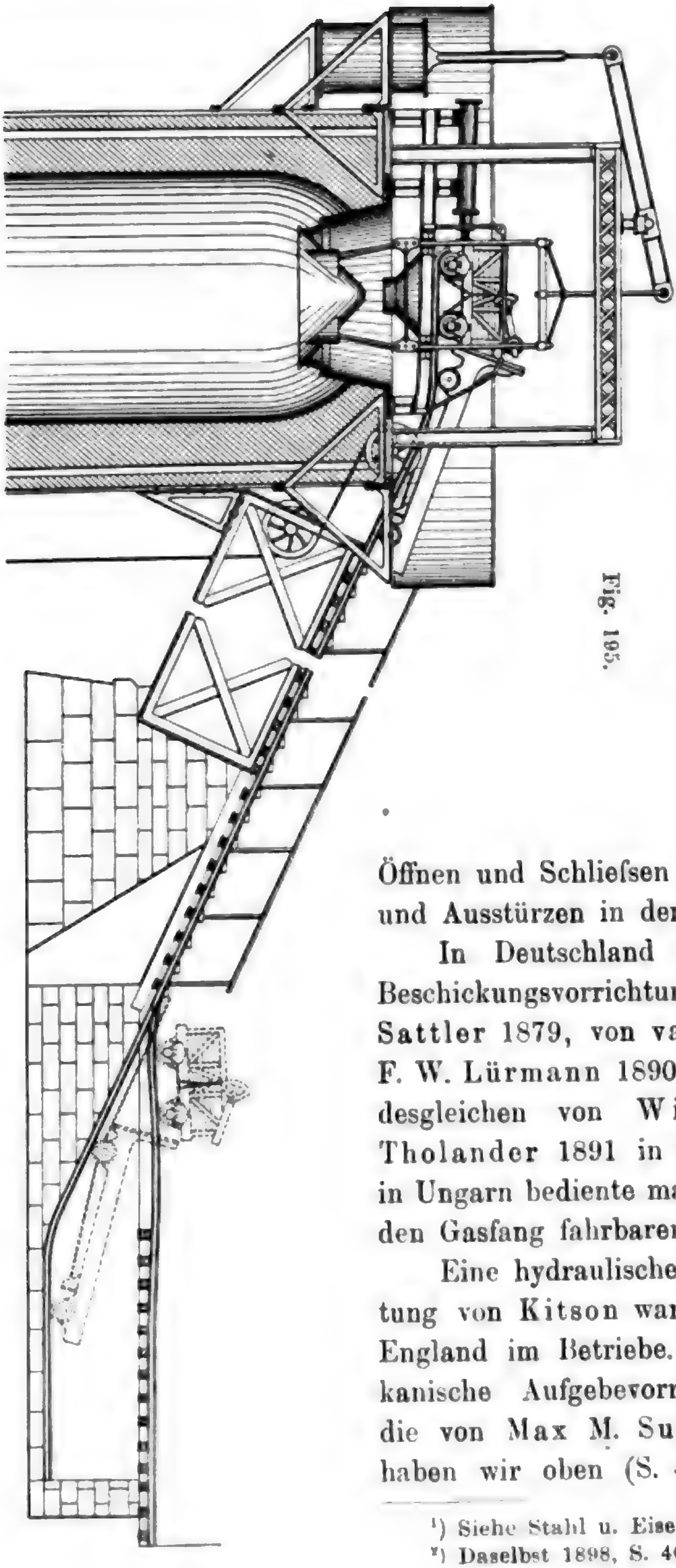


Fig. 195.

Eisenwerk zu Stenberville, Ohio, erbaute Aufzug besteht aus einer steilen, schiefen Ebene mit selbstthätiger Entleerung der Wagen. Eine ähnliche maschinelle Begichtung führte Sam. Thomas 1887 zu Catasauqua, Pa., ein[1]). Fig. 195 zeigt die Einrichtung der Hochöfen in Thomas, Alabama, welche 1887 erbaut wurden. Das Verfahren von J. Kennedy und Scott bei dem Lucy-Ofen, Pittsburgh (1886), besteht in automatischem Öffnen und Schliefsen des Gichtverschlusses und Ausstürzen in den Trichter.

In Deutschland wurden selbstthätige Beschickungsvorrichtungen angegeben von Sattler 1879, von van Vloten 1886, von F. W. Lürmann 1890 (D. R. P. Nr. 57164), desgleichen von Wiborgh 1886 und Tholander 1891 in Schweden. Zu Anina in Ungarn bediente man sich 1888 eines um den Gasfang fahrbaren Tisches.

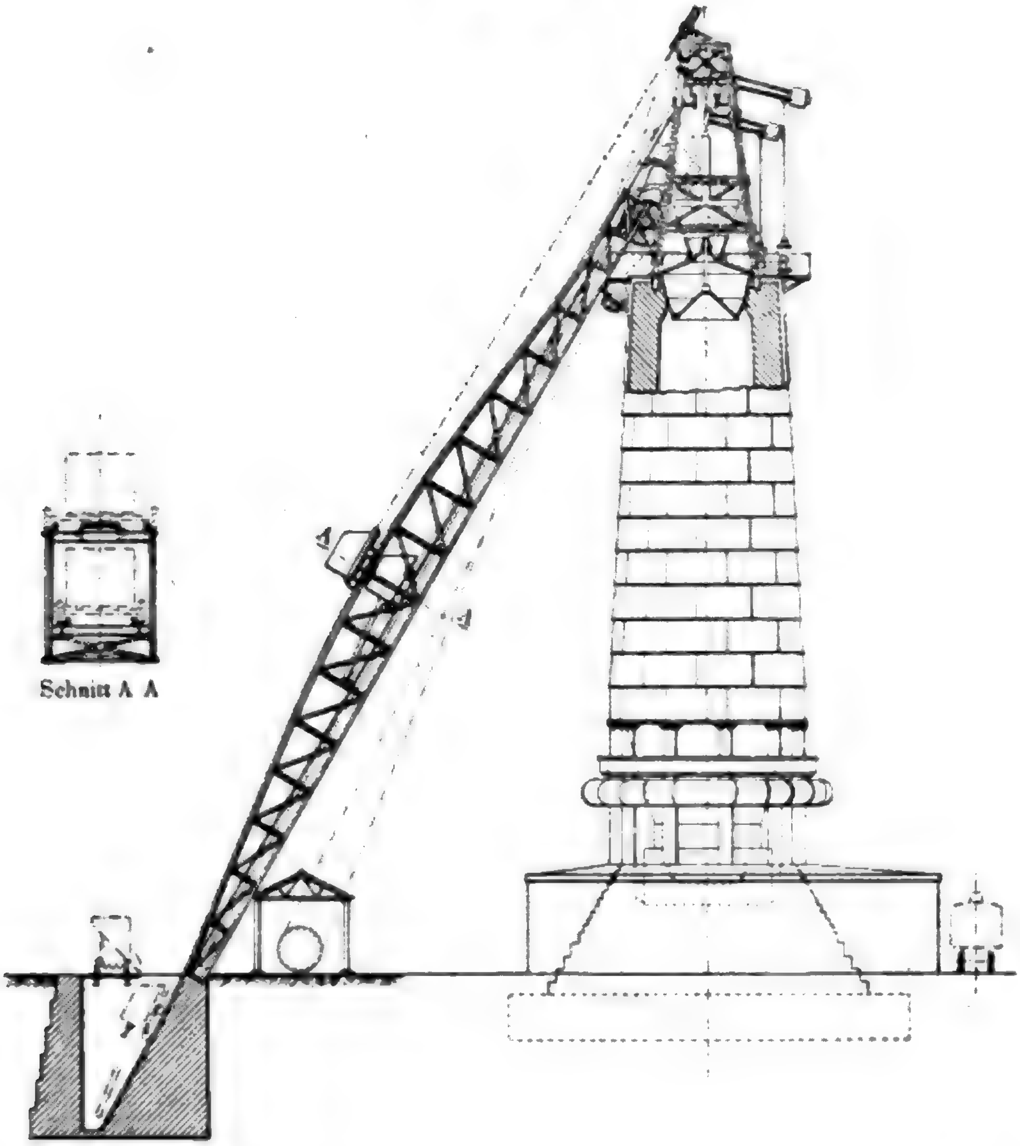
Eine hydraulische Beschickungsvorrichtung von Kitson war 1889 zu Barrow in England im Betriebe. Einige neue amerikanische Aufgebevorrichtungen, besonders die von Max M. Suppes in Lorain O.[2]), haben wir oben (S. 475) bereits erwähnt.

[1]) Siehe Stahl u. Eisen 1888, S. 303, Taf. VIII.
[2]) Daselbst 1898, S. 409.

Digitized by Google

Hierzu kommt noch eine von Walter Kennedy[1]), die zuerst auf den Hochöfen zu Daluth 1899 eingeführt wurde und dann in Pennsylvanien rasche Verbreitung fand; ferner eine von J. L. Stevenson in Redcar patentierte (Engl. Pat. Nr. 27565 vom 24. November 1897)[2]).

Fig. 196.



Bei E. G. Rusts neuem Gichtaufzuge, Fig. 196[3]), läuft der eine Wagen über dem anderen her, wodurch die Brücke schmäler gehalten werden kann.

Mit dieser mechanischen Begichtung der Hochöfen sind meist grofsartige verbesserte Ladevorrichtungen[4]) verbunden.

Die zweckmäfsigste Anlage einer Hochofenhütte ist zu sehr von

---

[1]) Vergl. auch Stahl und Eisen 1899, S. 771.
[2]) Daselbst 1899, S. 890.
[3]) Daselbst 1900, S. 1147, Fig. 1.
[4]) Siehe Stahl und Eisen 1897, S. 299.

Digitized by Google

den lokalen Bedingungen abhängig, als dafs es möglich wäre, dafür allgemein gültige Normen aufzustellen. Eine reiche Litteratur über diesen Gegenstand, welche in den letzten 25 Jahren entstanden ist, giebt aber dem Praktiker ausreichende Mittel an die Hand, in jedem einzelnen Falle das richtige zu treffen. Wir verweisen besonders auf die in unserer Übersicht der Litteratur angeführten Werke von Kerpely, Dürre und Wedding.

Die Kosten für die Anlage eines Hochofens mit Zubehör sind besonders durch die steinernen Winderhitzer sehr gestiegen. Die Hochofenanlage zu Dognatzka mit zwei Hochöfen kostete 1858/60 525475 Mark, die von Newport bei Middlesborough mit zwei Öfen 1869/70 1126600 Mark, die von Mülheim a. d. Ruhr mit zwei Öfen 1872/74 2786700 Mark. Bei letzterer sind einbegriffen 500000 Mark für eine Lokomotivbahn und 320000 Mark für 80 Coppéeöfen für Koksfabrikation, die beiden Öfen für sich allein kosteten nur 495000 Mark.

Sir B. Samuelson und F. W. Lürmann stellten 1887 folgende Kostenberechnungen an:

Hütte	Jahr	Zahl der Öfen	Kosten des Werkes Mk.	Kosten eines Ofens allein Mk.	Kosten pro Tonne Produktion	
					des Werkes Mk.	eines Ofens Mk.
Newport	1870/72	3	1 566 746,00	116 902,53	7460	1670
Newport	1887	3	1 499 496,80	98 158,50	7140	1260
Rheinland-Westfalen (Lürmann)	1887	2	1 800 000,00	127 500,00	6000	1160 (bei 110 T.) 850 (bei 150 T.)

Wenden wir uns zu den Fortschritten im Betriebe der Hochöfen seit 1870, so springt zunächst der grofse Einflufs, welchen der Aufschwung der Flufsstahlfabrikation ausgeübt hat, in das Auge.

Das Bessemerroheisen erfordert phosphor- und schwefelfreie Erze und da diese in den eisenerzeugenden Ländern nicht in ausreichender Menge gefördert wurden, sahen sich die meisten derselben auf die Einfuhr fremder Erze, unter denen die von Spanien, Elba und Algier die wichtigsten waren, angewiesen. Dieser Bezug fremdländischer Eisenerze nahm einen aufserordentlichen Umfang an. Die Ausfuhr von Bilbao, die 1866 nur 12890 Tonnen betragen hatte, war 1878 auf

1 224 730 Tonnen, 1890 auf 4 272 918 Tonnen gestiegen, wovon England etwa 70 Prozent entnahm.

Die Einfuhr fremder Erze betrug beispielsweise 1874 in:

England	2 728 672	Tonnen
Belgien	1 487 748	"
Frankreich	1 412 710	"
Deutschland	980 442	"
Vereinigte Staaten	487 820	"

Seit Mitte der siebziger Jahre wurden auch die Kiesabbrände, d. h. die Rückstände der kupferhaltigen Schwefelkiese von Rio Tinto, welche für die Darstellung der Schwefelsäure gebrannt wurden, ihres hohen Eisen- und geringen Phosphorgehaltes wegen unter dem Namen Purple-ore besonders für die Darstellung von Bessemerroheisen eingeführt. Efskuchen mischt das pulverförmige Purple-ore mit Gichtstaub und brennt daraus Erzsteine [1]).

Infolge der Verwendung reicher ausländischer Erze sanken die einheimischen, phosphorhaltigen Erze im Wert, und der Eisensteinbergbau ging an vielen Orten zurück. Dies änderte sich, als nach der Erfindung des Thomasverfahrens im Jahre 1879 phosphorreiche Erze gesucht wurden und auch die gewöhnlichen phosphorhaltigen Erze im Wert stiegen, denn man erstrebte bei dem meist weifsen Thomasroheisen einen Phosphorgehalt von 2 bis 3 Prozent. Auf dem europäischen Kontinent waren es besonders die Minetteerze in Luxemburg und Lothringen, die nicht nur in gesteigertem Mafse in diesen Ländern verhüttet, sondern auch in grofsen Mengen nach dem Saargebiet, Frankreich, Belgien und nach Rheinland und Westfalen ausgeführt wurden. In neuerer Zeit ist der überseeische Bezug der phosphorhaltigen Magneteisensteine aus dem nördlichen Schweden in Zunahme begriffen und hat 1897 das Gellivarafeld allein 623 110 Tonnen geliefert, wovon der gröfste Teil ausgeführt wurde.

Man sucht durch diese hochprozentigen Erze gleichzeitig den Eisengehalt der Beschickung und dadurch die Produktion zu erhöhen, ein Bestreben, welches besonders durch die grofsen Leistungen nordamerikanischer Hochöfen angeregt worden ist. Wieweit dies vorteilhaft ist, wird zunächst immer eine Frage der Frachtkosten für jedes einzelne Werk sein.

[1]) Patent von Efskuchen und Haarmann vom 12. Septbr. 1891. Ähnliche Patente nahmen Schüchtermann und Kremer 1894.

Eine andere Wirkung der Ausbreitung der Flufseisenbereitung auf den Hochofenbetrieb bestand darin, dafs die Öfen mehr wie früher nur auf eine bestimmte Sorte Roheisen betrieben wurden und da der Konsum der grofsen Konverter ein sehr gesteigerter war, so trat das Bestreben nach hoher Produktion der Hochöfen noch mehr in den Vordergrund wie vordem. Ganz besonders kam dies in den Vereinigten Staaten von Nordamerika zur Erscheinung; der dortige forcierte Betrieb erregte Aufsehen und blieb nicht ohne Einflufs auf die Eisenwerke Europas.

Bei der gröfseren Höhe der Kokshochöfen hatte das Rösten der Erze wenig ökonomischen Vorteil, indem sich die Röstung im allgemeinen genügend und billiger im Hochofen selbst vollzog. Man wendete eine besondere Röstung der Erze deshalb meistens nur noch für Holzkohlenöfen und für gewisse Erz- und Eisensorten, namentlich für Eisenspate, die auf Spiegeleisen verschmolzen wurden, dann aber auch für Magneteisensteine und die Erze des Clevelanddistriktes an. Dagegen hat sich ein Vorwärmen der Beschickung auf manchen Hütten als vorteilhaft erwiesen[1]), z. B. zu Rokitzan, wo es L. Nessel 1875 eingeführt hatte. Das Trocknen der Holzkohle vor dem Aufgeben bewährte sich in Schweden[2]).

Der Koksbetrieb überflügelte noch mehr wie früher den Betrieb mit Holzkohlen oder mit rohen Steinkohlen. Der Versuch, die Steinkohlen im oberen Teil des Hochofens durch Gichtgase zu verkoken, hatte keinen besonderen Vorteil gewährt und ist der Ferrieofen, der zu Anfang der siebziger Jahre in England Aufsehen erregte und auf mehreren Eisenwerken eingeführt wurde, wieder verschwunden. Ebensowenig haben die Vorschläge für Gas-[3]) und Petroleumhochöfen[4]) bis jetzt einen Erfolg gehabt.

Zu Kalan in Siebenbürgen schmolz man 1872 mit drei Viertel Braunkohlen und einem Viertel Holzkohlen, später (1874) mit Braunkohle und Koks. Ebenso seit 1874 zu Zeltweg, wo 40 Prozent Koks durch Braunkohlen ersetzt wurden. In Vorderenberg setzte man 1882 ebenfalls Braunkohlen zu[5]).

Nessel brachte 1875 einen liegenden Hochofen mit mechanischer

---

[1]) Siehe Österreich. Zeitschr. für Berg- u. Hüttenwesen 1887, S. 489.

[2]) Siehe Österreich. Berg- und Hüttenmänn. Zeitschr. 1877, S. 179.

[3]) Gashochofen von Fr. Reiser, siehe Polyt. Centralblatt 1875, S. 170; von Bérard, D. R. P. Nr. 5900 vom 22. Oktober 1878.

[4]) Über einen Petroleumhochofen von Ch. Plagge siehe Dinglers polyt. Journ. 1876, II, S. 213.

[5]) Friederici in Österreich. Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1882.

Vorwärtsbewegung der Beschickung für Braunkohlenbetrieb in Vorschlag [1]).

Wie das Rösten der Erze, so scheint auch das Brennen des Kalkes als Zuschlag bei den hohen Öfen als überflüssig und nur ausnahmsweise von Nutzen zu sein. Doch hat diese Frage zu lebhaftem Meinungsaustausch Veranlassung gegeben. Gruner empfahl 1871 die Anwendung von gebranntem Kalk, welche eine Ersparnis von 10 Prozent Koks im Hochofen bewirken sollte. Der Kalk wurde in Hofmannschen Ringöfen totgebrannt. Cochrane trat (1889) in England lebhaft für die Verwendung des gebrannten Kalkes ein [2]).

Von anderen Zuschlägen sind seit Anfang der siebziger Jahre die Manganerze (Braunsteine) wichtig geworden, indem man manganreiches Spiegeleisen nicht mehr ausschliefslich aus Spaterzen, sondern auch aus anderen reinen Eisenerzen unter Zuschlag von Manganerzen darstellte. In dieser Weise schmolz man seit 1871 zu Jauerburg in Kärnthen ein spiegeliges Eisen mit 12 bis 22 Prozent Mangangehalt. In Rufsland erblies man seit 1870 Spiegeleisen aus eisenreichen Manganoxyden, in Schweden unter Zuschlag von Knebelit (manganreichem Eisensilikat). Der deutsch-französische Krieg 1870 hatte zur Spiegeleisenerzeugung in aufserdeutschen Ländern beigetragen, weil dadurch der Bezug aus dem Siegerland abgeschnitten war. Auch zu Ebbw-Vale in England wurde seit 1872 Spiegeleisen aus manganhaltigen spanischen Eisenerzen (Carthagenaerzen) gemacht; ebenso 1873 auf Siemens' Eisenhütte zu Landore und in Cleveland. Eine englische Beschickung für Spiegeleisen aus manganhaltigen spanischen Erzen bestand aus 76 Centner Erz, 16 Centner Kalk und 45 Centner Koks. Das erblasene Spiegeleisen enthielt 84,37 Tle. Eisen, 9,85 Tle. Mangan, 4,20 Tle. Kohlenstoff, 0,32 Tl. Graphit, 0,99 Tl. Silicium, 0,04 Tl. Schwefel und 0,09 Tl. Phosphor. Die dabei gefallene Schlacke bestand aus 29,70 Kieselsäure, 14,90 Thonerde, 48,20 Kalk, 4 Magnesia, 3 Manganoxydul. Man gewann aber nicht nur manganreiches Spiegeleisen, Ward in Amerika und Pourcel in Terre noire in Frankreich erbliesen 1883 bei sehr heifsem Ofengang auch graues Roheisen mit 15 Prozent Mangangehalt.

Eisenverbindungen mit noch höherem Mangangehalt, Ferromangan, wurden seit Ende der siebziger Jahre ebenfalls im Hochofen

---

[1]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1875, S. 197.
[2]) Siehe Journ. of the Soc. f. Chem. Indust. 1889, S. 89; Stahl u. Eisen 1894, S. 1011 und 1053.

Digitized by Google

dargestellt, doch hatte dieser Schmelzprozefs mit mancherlei Schwierigkeiten zu kämpfen. Sehr basische Schlacke und hohe Schmelztemperatur sind Haupterfordernisse. Dabei verflüchtigt sich bei der hohen Hitze ein Teil des Mangans, nach Whiting bei 83 Prozent Mangangehalt des Produktes 5,4 Prozent des Mangans der Beschickung, nach Schilling[1]) bei einem Eisenmangan von 60 bis 70 Prozent Mangan sogar bis zu 17 Prozent.

Ferner entsteht bei dem Betriebe auf Ferromangan sehr leicht Oberfeuer im Hochofen, teils dadurch, dafs infolge des geringeren Wärmeverbrauchs der ganze Ofen heifser ist, besonders aber dadurch, dafs die höheren Oxyde des Mangans im Schacht schon Sauerstoff abgeben, der eine lebhafte Verbrennung daselbst bewirkt. Es ist deshalb zweckmäfsig, die Manganerze vorher zu brennen, und zwar in einem Herdofen mit geneigter Sohle, wie der Mosersche Röstofen (A. Ledebur).

Ein dritter Übelstand ist, dafs das Gestell durch die heifse, fressende, manganoxydulhaltige Schlacke sehr schnell zerstört wird. In Nischne-Tagilsk hat man deshalb für die Darstellung von Ferromangan kleine Schmelzöfen mit auswechselbarem Gestell angewendet[2]).

Während man früher, freilich vergeblich, versuchte, durch Zuschläge den Phosphor im Hochofen abzuscheiden, schlägt man umgekehrt seit Einführung des Thomasverfahrens vielfach phosphorreiche Verbindungen zu, um einen höheren Phosphorgehalt des Roheisens zu erzielen. Hierfür dienten bis jetzt besonders die Puddel- und Schweifsschlacken, welche als unnützer Abfall der Puddel- und Walzwerke in grofsen Halden aufgespeichert waren.

Durch diese Verwendung stiegen dieselben sehr im Werte, von 1880 bis 1887 in Westfalen von 8 auf 100 Mark die Tonne; infolgedessen verschwanden die alten Halden in kurzer Zeit. Das Verschmelzen dieser Schlacken im Hochofen nach der Lang-Freyschen Methode kam ganz aufser Gebrauch.

Die Darstellung von Thomasroheisen war nicht nur dadurch vorteilhaft, dafs grofse Mengen seither minderwertiger Erze mit Vorteil verhüttet werden konnten, der Hochofenbetrieb selbst war viel ökonomischer als bei Bessemerroheisen. Für das weifse Roheisen ersparte man im Vergleich mit dem grauen Bessemerroheisen etwa 400 kg Koks auf die Tonne; dabei war die Produktion gröfser. Man

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1882, S. 233.
[2]) Siehe Dinglers pol. Journ. 1881, I, S. 232 (Jossa).

konnte mit Leichtigkeit in Öfen von 250 bis 300 cbm Fassungsraum 100 Tonnen Roheisen in 24 Stunden erblasen. Man schätzte 1882 in Deutschland die Ersparnis auf 22 Mark für eine Tonne, die Mehrproduktion auf 25 bis 30 Prozent.

Ein gutes Thomasroheisen sollte enthalten $1^1/_4$ bis $2^1/_2$ Prozent Phosphor, 1 Prozent Mangan bei schwefelfreiem, $2^1/_2$ bis 3 Prozent Mangan bei schwefelhaltigen Erzen, der Siliciumgehalt sollte 0,3 bis 0,5 Prozent nicht übersteigen.

Hilgenstock wies 1884 nach, dafs, entgegen der verbreiteten Meinung, Phosphor im Hochofen in nachweisbaren Mengen nicht verflüchtigt wird. Phosphor verdrängt Silicium und Kohlenstoff im Roheisen, indem sich beide auf Kosten des Sauerstoffs der Phosphorsäure oxydieren.

Zunächst für die Bessemerstahlbereitung, später auch für Giefsereizwecke stellte man seit Anfang der siebziger Jahre ein sehr siliciumreiches Roheisen unter dem Namen glazed pig in England und fonte glacée in Frankreich dar. Hierzu war nach S. Jordan (1873) ein langsamer, sehr heifser Ofengang bei kieselsäure- und thonerdereicher Beschickung erforderlich. Hierbei fiel ein bis zu 8 Prozent Silicium haltendes Roheisen, das mit zunehmendem Siliciumgehalt hellere Farbe und gröfseres Korn erhielt.

Pugh[1]), Direktor der Société metallurgique de l'Est zu Longwy, will neuerdings (1898) einen grofsen Vorteil und blasenfreies Roheisen (fonte à peau lisse) dadurch erzielen, dafs er zwischen Winderhitzer und den Formen einen Einspritzapparat für schwere Öle einschaltet (D. R. P. Nr. 105 144).

Das Mischen der Erze und Zuschläge vor dem Aufgichten auf einem Möllerboden, das Möllern, liefs sich bei der grofsen Produktion der Hochöfen nicht mehr durchführen. Statt dessen mischt man die Beschickungsmaterialien beim Aufgeben in den Fülltrichter des Gasfanges. Das Chargieren geschieht jetzt schon vielfach, namentlich in Amerika, automatisch.

Über die Berechnung der Beschickung hat Mràzek[2]) 1868 eine gründliche Arbeit geliefert. Er ermittelt den Sauerstoffgehalt der Basen und der Kieselsäure und berechnet nach stöchiometrischen Grundsätzen die Beschickung nach dem erforderlichen Silikat in der Schlacke. Die Summe der Säureäquivalente mufs sich zur Summe

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1898, S. 934, 1134.
[2]) Siehe Mràzek, Jahrbuch von Leoben etc., XVIII, S. 282.

Digitized by Google

der basischen Äquivalente so verhalten, wie es die durch den Silicierungsgrad der zu bildenden Schlacke angegebene Verhältniszahl vorschreibt. Dieses etwas umständliche Verfahren hat Platz[1]) vereinfacht, indem er sich darauf beschränkt, gewisse Gewichtsverhältnisse zwischen Säuren (SiO^2 und Al^2O^3) und Basen herzustellen.

Man suchte den Eisengehalt in der Beschickung zu erhöhen und die Schlackenmenge zu vermindern; während man früher annahm, dafs Schlacke zu Eisen mindestens wie 1 : 1 sich verhalten mufsten, galt 1880 0,6 : 1 für ausreichend.

Das Vorwärmen der Hochöfen und das Anblasen suchte man möglichst zu beschleunigen; so erzielte man beispielsweise bei einem 24,3 m hohen Hochofen in Alabama den ersten Abstich am vierten Tage nach Beginn des Vorwärmens.

Für das Abstechen des Roheisens hat man in Amerika zum Öffnen und zum Schliefsen des Stichlochs Maschinen konstruiert[2]).

Das Schliefsen des Stichlochs geschieht jetzt in den Vereinigten Staaten durch Dampfdruck mittels der sogenannten Thonkanone[3]). Dadurch werden Reparaturen und Stillstände vermindert. Die amerikanische Stichstopfmaschine ist jetzt auch in Witkowitz eingeführt. Das Einformen der Masseln geschieht jetzt meist so, dafs man immer ein ganzes Masselbett, d. h. ein Stück Laufrinne mit einer Anzahl Masselformen, gleichzeitig einformt.

Ferner wendete man zuerst in Amerika sowohl zum Ausheben der Masseln, als zum Zerteilen derselben Maschinen an. Solche Masselbrecher waren in den Vereinigten Staaten schon 1882 in Anwendung[4]).

Zum Ausheben der Masseln hatten Hughes & Gowthorp 1889 auf der Ausstellung in Pittsburg einen riesigen Elektromagneten in Form einer Glocke von 3300 kg Tragfähigkeit ausgestellt. Auf der Hochofenhütte der Dowlais-Gesellschaft bei Cardiff werden die noch zusammenhängenden Masseln mittels eines elektrisch betriebenen Laufkrahns aus den Gufsbetten gehoben und dann auf den von Martin und James 1892 erfundenen hydraulischen Masselbrechern (E. P. 1892, Nr. 12873)[5]) gebrochen.

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1892, S. 2.
[2]) Daselbst 1892, S. 1090; 1896, S. 88; 1897, S. 642.
[3]) Daselbst 1900, S. 474.
[4]) Daselbst II, S. 77.
[5]) Daselbst 1892, S. 881.

Digitized by Google

Der Masselbrecher von Blake war für Dampf- und Riemenbetrieb[1]). Auch W. Truran in Middlesborough (E. P. vom 11. August 1892, Nr. 14495) und J. W. Armstrong und James (E. P. vom

Fig. 197.

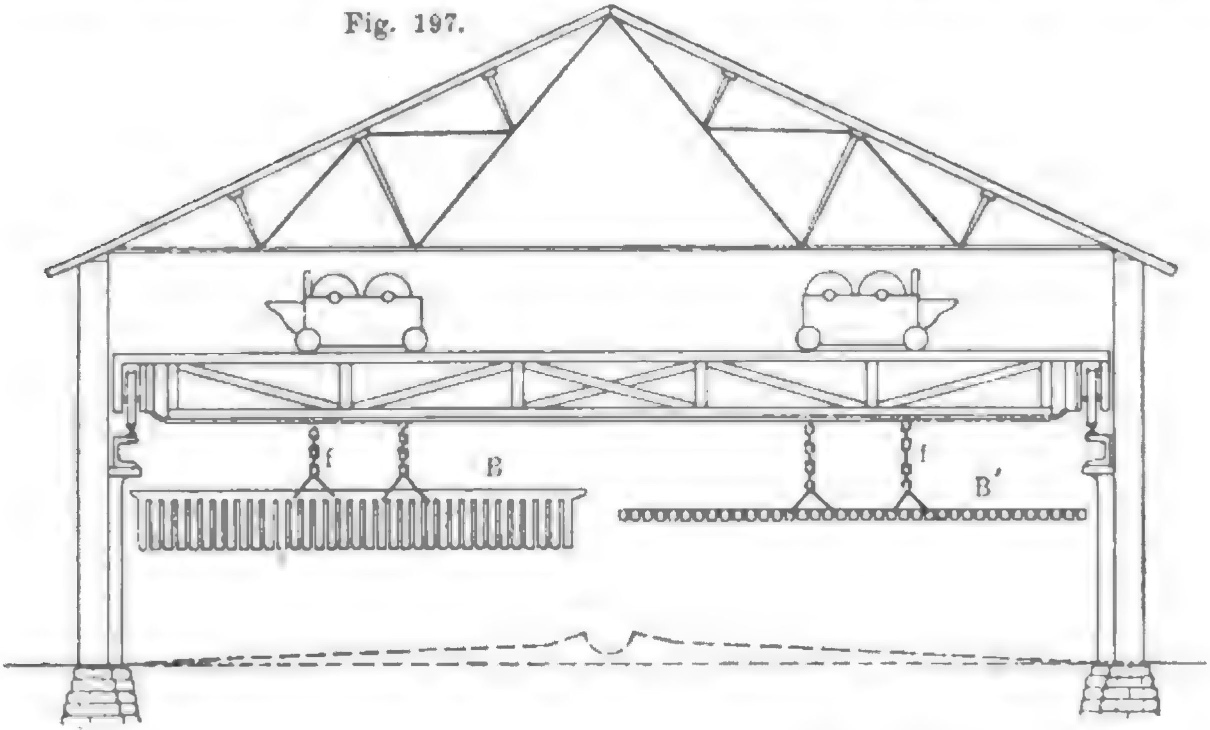
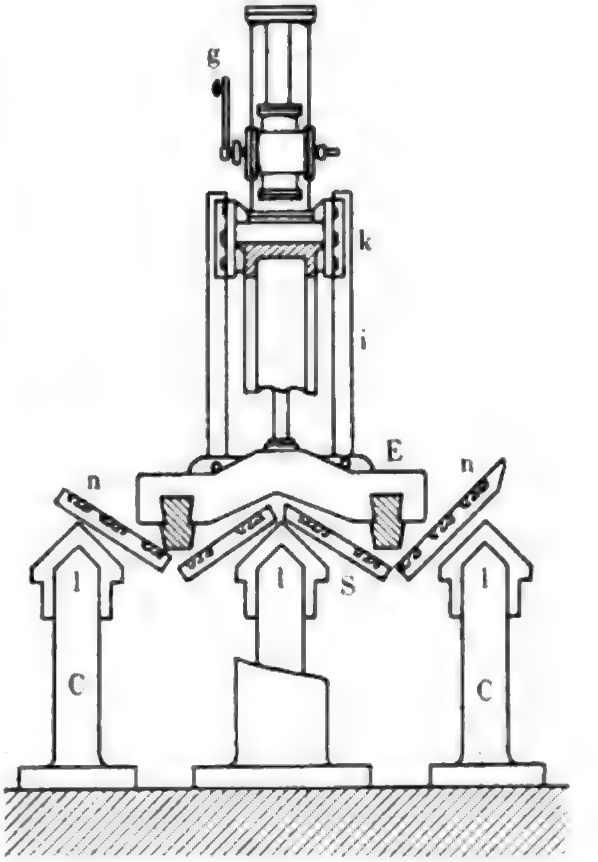


Fig. 198.



19. September 1892, Nr. 16696)[2]) erfanden solche Maschinen. Fig. 197 zeigt das Ausheben der Masseln und Fig. 198 das Brechen derselben nach einer Darstellung von John S. Kennedy[3]).

Da man das Bessemer- und Thomasroheisen jetzt meist flüssig den Konvertern zuführt, so sind hierzu besondere Gieſspfannenwagen erforderlich. Fig. 199 (a. f. S.) zeigt einen solchen, wie er auf der Cambriahütte und anderen amerikanischen Eisenwerken 1897 gebräuchlich war. Henry D. Hibbard in High Bridge, New Jersey, hat 1893 eine bewegliche

---

[1]) Iron, November 1881; Stahl und Eisen 1882, S. 76.
[2]) A. a. O. 1894, S. 407; Kerpelys Fortschritte für 1894, S. 114.
[3]) Iron age 1894, p. 184; Stahl und Eisen 1894, S. 847.

Digitized by Google

Fig. 199.

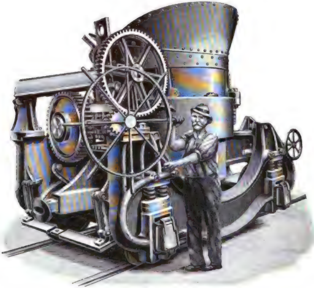
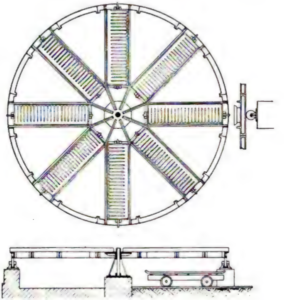


Fig. 200.

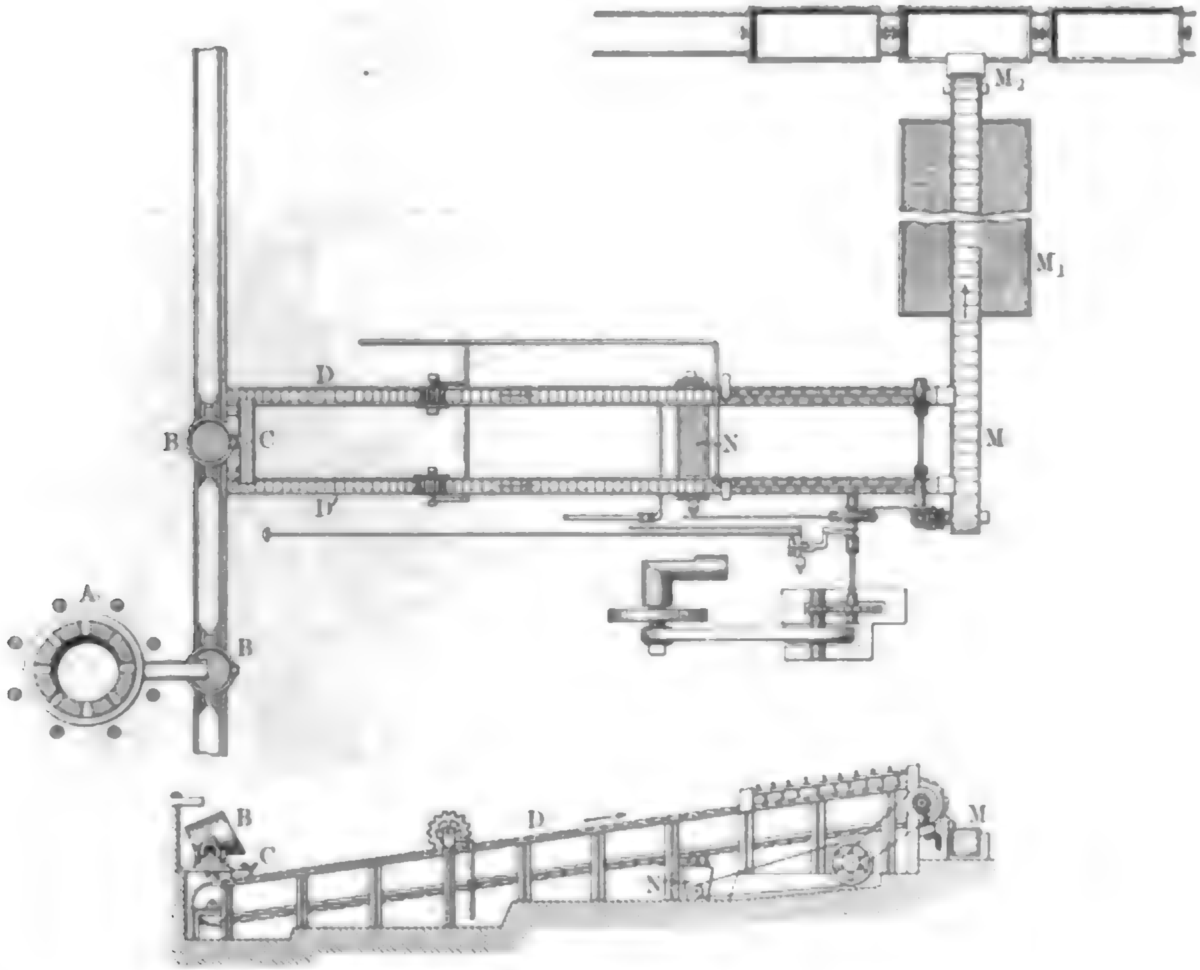


Digitized by Google

Drehscheibe (Fig. 200[1]) erfunden, in welche er das flüssige Roheisen einfliefsen läfst, um sandfreie Masseln zu erhalten.

1896 wurde ein von Ed. A. Uehling erfundener Apparat zum Giefsen und Transportieren der Masseln[2]) von der Carnegie-Gesellschaft auf dem Lucyofen bei Pittsburgh eingeführt. Er bestand

Fig. 201.



aus einem wenig geneigten Paternosterwerk, dessen Becher die Masselformen bildeten, in die das flüssige Roheisen aus dem Hochofen mit Hülfe einer grofsen Giefspfanne geleitet wurde. Die endlose Kette mit den Masselformen bewegt sich langsam weiter, das Eisen wird gekühlt, erstarrt und gelangt am Ende auf ein rechtwinklig laufendes Transportband, das die Masseln den Eisenbahnwagen zuführt und sie in diese fallen läfst. Fig. 201 zeigt die Anlage. *A* ist der Hochofen, *B* die fahrbare Giefspfanne, die durch die T-förmige Rinne *C* das flüssige Eisen der paarweise angeordneten Giefsvorrichtung *DD'*, die sich in der Pfeilrichtung bewegt, zuführt. Die Geschwindigkeit beträgt $4^1/_2$ m in der Minute,

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1894, S. 253.
[2]) Daselbst 1900, S. 25.

Digitized by Google

und da die Länge der Kette von einer Trommel zur anderen 27 m beträgt, so braucht jede Massel sechs Minuten, bis sie auf das Transportband *M*, das sie den Eisenbahnwagen zuführt, gelangt. Hierbei passieren sie den Wasserbehälter M_1, wodurch die Abkühlung beschleunigt wird. Die zurückkehrenden leeren Masselformen werden durch eine Vorrichtung bei *N* mit Kalkmilch bespritzt, um das Anhaften des Eisens zu vermeiden. Diese Einrichtung hat sich bewährt und wurde auch auf dem von derselben Gesellschaft erbauten grofsen Duquesne-Ofen eingeführt.

Fig. 202.

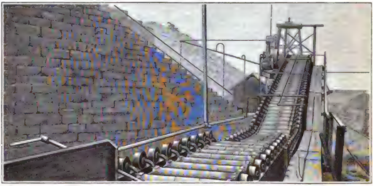


Fig. 202 zeigt die Uehlingsche Vorrichtung zum Giefsen, Fortbewegen und Verladen der Masseln.

Das hier angewendete Verfahren des Transports durch endlose Ketten ist in den Vereinigten Staaten vielfach in Anwendung.

Eine ähnliche von David Baker in Chicago 1898 erbaute Vorrichtung hat kippbare Masselformen und Wasserkühlung, wodurch Entleerung und Verladung beschleunigt werden.

Howden führte bei den Hochöfen der Cambria-Eisengesellschaft dieselbe Konstruktion zum Schlackentransport ein.

Hibbards Zellenrad wurde von R. W. Davies in ähnlichem Sinne verbessert (D. R. P. Nr. 108 703)[1]. Die Masselformen an der Peripherie sind doppelseitig und drehbar und entladen die Masseln in einen Trichter, der sie den Eisenbahnwagen zuführt[2]. Eine ähnliche ringförmige Giefsmaschine hat Erskine Ramsay neuerdings erfunden.

[1] Siehe Stahl und Eisen 1898, S. 622.

[2] Siehe a. a. O. 1898, S. 621; 1900, S. 104, 605.

Digitized by Google

Der von J. W. Miller in London 1899 patentierte endlose Giefstisch (D. R. P. Nr. 107 703) ist der Uehlingschen Maschine ähnlich. Auch K. Orth in Donawitz hat eine Roheisen-Giefsvorrichtung erfunden [1]).

Je gröfser die Hochöfen wurden und je mehr ihre Tageserzeugung stieg, um so wichtiger wurde der Materialientransport, wofür immer grofsartigere Anlagen erfunden wurden, besonders in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Doch folgten bald auch die grofsen Hüttenwerke Europas diesem Beispiel. Hierzu gehören z. B. die Drahtseilbahnen zu Rümelingen in Luxemburg und zu Krompach in Ungarn [2]), von J. Pohlig erbaut, die Gichtseilbahn der Maximilianshütte zu Unterwellenborn von Bleichert & Co., die fahrbaren Dampfkranen auf Portalgerüsten der Dortmunder Union, die fahrbaren Ent- und Beladebühnen vielfach mit elektrischem Betriebe, die den Laufkranen nachgebildeten riesigen Entladevorrichtungen, worunter die amerikanischen von Hunt den gröfsten Beifall gefunden haben. Solche sind auf deutschen Hütten von J. Pohlig ausgeführt zu Kratzwieck bei Stettin und auf der Vulcanhütte bei Duisburg. Bemerkenswert sind die Vorrichtungen zum Entladen ganzer Eisenbahnwagen von Akron & Co. in Buffalo [3]).

In der Verwertung der Hochofenschlacken sind ebenfalls in den letzten 25 Jahren grofse Fortschritte gemacht worden. Die Schlackenwolle hat zwar den Hoffnungen nicht immer entsprochen und wurde die Fabrikation derselben auf den meisten Hütten wieder eingestellt, um so mehr bewährte sich die Granulation, die Fabrikation von Schlackensand und die Verarbeitung derselben zu Schlackensteinen und zu Schlackencement [4]).

Lowthian Bell wollte Anfang der achtziger Jahre noch nicht zugeben, dafs eine Erhöhung der Windtemperatur über etwa 530° C. einen entsprechenden Nutzen bringe; Howden wies aber an einem Beispiel nach, dafs die Erhöhung der Windtemperatur von 532 auf 768° C. eine Produktionsvermehrung um 60 Tonnen pro Woche und Koksersparnis von 100 kg pro Tonne ergab.

W. Howdens Schmelzversuche bei verschiedenen Windtemperaturen in demselben Hochofen ergaben nachstehendes Resultat:

---

[1]) Siehe a. a. O. 1900, S. 103.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1900, S. 132.
[3]) Daselbst S. 143.
[4]) Daselbst 1898, S. 205.

Digitized by Google

Windtemperatur °C	Koksverbrauch für die Tonne Roheisen	Wöchentliches Ausbringen
562	1209	406
631	1179	415
702	1169	456
722	1157	469
760	1132	465

Der heifse und geprefste Wind ist das wichtigste Mittel für einen guten Betrieb des Hochofens. Durch Erhöhung oder Verminderung der Windtemperatur und der Pressung regelt man den Ofengang und die Produktion. Die Apparate für die Winderhitzung haben wir oben beschrieben; die steinernen, in denen man den Wind leicht auf ca. 800° erwärmen konnte, fanden immer mehr Anwendung. Die älteren Cowper-Apparate wurden anfangs durch die Winderhitzer von Whitwell verdrängt, die namentlich auf dem europäischen Kontinent vorgezogen wurden. In Deutschland wurden 1881 24 Hochöfen mit Whitwell- und nur drei mit Cowper-Apparaten betrieben. Indes genügten auch die älteren Whitwell-Apparate bald nicht mehr, da sie zu wenig Heizfläche hatten. Man verbesserte sie Anfang der achtziger Jahre dadurch, dafs man sie beträchtlich erhöhte und die Anzahl der Schlangenwindungen verminderte. Trotzdem konnten sie sich gegen die verbesserten Cowper-Apparate auf die Dauer nicht halten. Die Windtemperatur ist in den letzten 25 Jahren im Durchschnitt von 500° C. auf 800° C. durch die steinernen Winderhitzer gestiegen. Je heifser der Wind zugeführt wird, je vollständiger vollzieht sich die Verbrennung vor den Formen, je höher ist die Temperatur im Schmelzraum. Dadurch, dafs der Sauerstoff des Windes vor und über den Formen vollständig mit Kohle verbrennt, findet keine Wärmeentwickelung im Ofenschacht statt, kein Oberfeuer und es tritt die auffallende Erscheinung ein, dafs die Gichtgase um so kälter den Ofen verlassen, je heifser der Wind ist. Nach J. Wolters' Versuchen 1875 betrug die Wärme der Gichtgase bei 200° warmem Wind 180°, bei 400° 160°, bei 600° 140°, bei 800° 120°, bei 1000° nur 100° C. Es resultiert also eine viel bessere Ausnutzung der Wärme.

Das Trocknen des Windes wurde schon empfohlen von Fryer in Colefort (Glocestershire) 1890 und von W. Henry in Amerika 1891.

Bei Störungen und Versetzungen im Hochofen blies man mit dem Winde öfters feste oder gasförmige Substanzen ein. Alberts zu Aplerbeck konstruierte 1878 hierfür einen Apparat. In Nordamerika

Digitized by Google

bediente man sich einer Art von Petroleumlötrohr zum Wegschmelzen von Ansätzen, welches Kapitän Jones auf den Edgar-Thomsonwerken 1885 eingeführt und, nachdem die Hochöfen von Ende Dezember 1885 bis 20. Januar 1886 infolge eines Arbeiterausstandes gedämpft gewesen waren, mit Erfolg angewendet hat. Zu Schwechat spritzte Toldt 1884 Petroleum mit einer Feuerspritze ein. Pughs Apparat wurde schon S. 488 erwähnt.

Mit der Gröfse der Öfen und der Temperatur des Windes steigerte man auch die Pressung. Der Druck des Windes ist in erster Linie von der Art des Brennmaterials abhängig. Holzkohlen gestatten nur eine schwache, Anthracitkohlen verlangen eine starke Pressung.

Wedding gab 1868 den Überdruck des Windes pro Quadratcentimeter

in Holzkohlenöfen	zu	0,050	bis	0,150	kg
„ Kokshochöfen	„	0,075	„	0,220	„
„ Anthracitöfen	„	0,185	„	0,300	„

an[1]).

Bei den Kokshochöfen wächst die Pressung mit der Festigkeit der Koks und der Höhe der Öfen, sie ist aber auch abhängig von der Natur der Erze. Bei reicher, gutschmelziger Beschickung ist ein gröfserer Winddruck zulässig als bei armen, schwer schmelzenden Erzen.

1883 blies man auf der neuen Hochofenhütte zu Schalke in Westfalen 1 cbm Wind auf 1 cbm Ofenraum in der Minute; in Seraing rechnete man 5 cbm pro Minute und Tonne der Tagesproduktion.

Im Clevelanddistrikt in England, wo man eine geringhaltige Beschickung verschmolz, betrug die Windpressung 1878 nach Thomas Whitwell 0,2 bis 0,3 kg auf den Quadratcentimeter. Sie stieg von Mitte der siebziger Jahre bis 1894 von 0,24 kg bis auf 0,37 kg; gleichzeitig stieg die Temperatur des Windes von 450° C. auf 750° C. Bei Hämatiterzen bläst man jetzt in England durchschnittlich mit 0,47 kg auf den Quadratcentimeter.

Mit noch viel stärkerem Winddruck arbeitete man in den Vereinigten Staaten von Nordamerika seit Einführung des forcierten Betriebes. Bei dem am 14. Januar 1880 angeblasenen Kokshochofen der Edgar-Thomson-Werke, dem ersten „Schnellofen“, von 24,50 m

---

[1]) Siehe Wedding, Handbuch der Eisenhüttenkunde etc. Bd. II, S. 68, wörtlich:

bei Holzkohlenöfen	$^3/_4$	bis	2	Pfund	pro	Quadratzoll
„ Kokshochöfen	1	„	3	„	„	„
„ Anthracitöfen	$2^1/_2$	„	4	„	„	„

Digitized by Google

Höhe und 6 m Rast blies man mit 580 mm Quecksilber oder 0,7 kg pro Quadratcentimeter und zwar durch acht Düsen von 15 cm Durchmesser. Solche Windmassen waren bis dahin noch niemals in einen Ofen geblasen worden. Um 1886 blies man in den Vereinigten Staaten (nach Hartmann) in die Koksöfen von 400 bis 450 cbm Inhalt 750 cbm Wind von 700 bis 800° C. pro Minute. Durch das übermäfsige Blasen wurden allerdings auch die Hochöfen rasch zusammengeschmolzen. Infolgedessen trat eine Reaktion ein und man verringerte das Windquantum etwas. Die durchschnittlichen Windmengen bei den grofsen amerikanischen Öfen betrugen nach Wedding 1880 840 cbm, 1885 616 cbm, 1889 700 cbm pro Minute. Bei den neuen grofsen Öfen (Duquesne, Lorain) arbeitet man aber mit noch viel gröfseren Windmengen und Pressungen. Zu Lorain hat jeder Hochofen zwei Gebläsemaschinen, von denen jede über 1400 cbm in der Minute bei 1,76 kg Pressung auf den Quadratcentimeter liefern kann. Der Wind strömt durch 16 Formen von 152,4 mm Weite in den Ofen.

In Deutschland und auf dem Kontinent überhaupt blies man meistens viel schwächer, wie aus der nachfolgenden Vergleichung eines Hochofens zu Gleiwitz und des amerikanischen Lucyofens deutlich zu ersehen ist.

	Lucy-Ofen	Ofen zu Gleiwitz
Höhe des Ofens	24,30 m	16,33 m
Windpressung	510 mm (Quecksilber)	130 mm
Weite der Düsen	152 mm	72 mm
Windmenge pro Minute	708 cbm	130 cbm

Indessen gab es später auch in Deutschland Werke, welche ähnliche Zahlen, wie viele nordamerikanische Öfen aufwiesen. Bei einem Hochofen der Ilseder Hütte blies man 1893 mit einer Pressung von 0,510 bis 0,515 kg pro Quadratcentimeter mit sechs Düsen von 180 mm Durchmesser 600 bis 700 cbm Wind in der Minute.

In den Vereinigten Staaten blies man auch bei Holzkohlenhochöfen mit einer Pressung von 285 mm Quecksilber (Hinkle furnace der Ashlandgesellschaft [1]).

In den Anthracitöfen Nordamerikas hat man die Windpressung zuweilen bis 1 kg pro Quadratcentimeter gesteigert.

Aus den mitgeteilten Zahlen ersieht man zugleich, wie sehr sich

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1896, S. 351.

Digitized by Google

in einzelnen Fällen die Düsenweite gegen früher vergröfsert hat. Auf der Ilseder Hütte bläst man bei sechs Formen mit Düsen von 180 mm Durchmesser, während vor 1870 die Düsen bei mehr als drei Formen in der Regel nur 60 bis 100 mm weit waren und man nur in Belgien zeitweilig mit Düsen von 120 mm Durchmesser in Kokshochöfen geblasen hatte.

In den Vereinigten Staaten glaubte man durch eine beträchtliche Vermehrung der Zahl der Windformen einen besonderen Vorteil zu haben. In Alabama steigerte man die Zahl der Formen von 8 auf 16 und sogar auf 24. Die Vermehrung auf 24 hatte gar keinen Vorteil, die auf 16 erhöhte die Produktion, veranlafste aber ein schnelleres Wegschmelzen der Rast. Die Zustellung mit 16 Formen wurde indessen bei den neuen grofsen Öfen in Ensley und auf anderen Werken beibehalten.

Dem Ensleyofen wurden (1899) durch die 16 Formen 849,5 cbm Wind in der Minute zugeführt. Ein Versuch mit 24 Formen fiel auch hier ungünstig aus. Man ging auf 12 Formen zurück und nahm diese von 175 mm Weite. Dabei ergab sich bei Roheisen für basischen Martinbetrieb eine Ersparnis an Brennmaterial. Die neuen Hochöfen in Südrufsland haben ebenfalls 12 Formen.

Im allgemeinen hatte sich durch das stärkere Blasen das Durchsatzquantum vermehrt und die Durchgangszeit vermindert. In Europa war sie in den 30 Jahren vor 1884 von 84 Stunden auf 36 Stunden heruntergegangen [1]).

Der Wind ist die Lebensluft des Hochofens, der durch die Verbrennung des Brennstoffes die Wärme und die Gase erzeugt, welche für die metallurgischen Vorgänge im Ofen notwendig sind. Man hat diese Vorgänge sowohl als wie die Ausnutzung und den Verbrauch der Wärme im Ofen in den letzten 25 Jahren gründlich studiert und dadurch gröfsere Klarheit über den Hochofenprozefs erlangt. Diese Untersuchungen erstreckten sich auf die Zusammensetzung der Gase in verschiedener Tiefe, auf Wärmemessungen und auf die Ermittelung der erzeugten und verbrauchten Wärmemengen, also auf die Wärmeökonomie.

Eine hervorragende Arbeit über die chemische Zusammensetzung der Gase in verschiedener Höhe des Hochofens wurde 1871/72 von Schöffel und Kuppelwieser an einem Holzkohlenhochofen zu Eisenerz vorgenommen, auf deren Ergebnis wir später

[1]) Siehe Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1884, Nr. 43.

Digitized by Google

zurückkommen. — Von Gichtgasanalysen erwähnen wir die von den Kokshochöfen des Phönix bei Ruhrort von Stockmann 1875, verschiedener schwedischer Hochöfen von Rinmann 1877, von Clevelandöfen von Bell 1882, von Luxemburger Hochöfen von Greit 1890.

Carl Schinz in Deutschland, L. Gruner in Frankreich und Lowthian Bell in England hatten in den sechziger Jahren fast gleichzeitig und unabhängig voneinander auf die grofse Bedeutung der Wärmevorgänge im Hochofen hingewiesen und durch ihre Betrachtungen und Untersuchungen einen Umschwung in der Auffassung des Hochofenprozesses herbeigeführt. Bis dahin hatte man die Vorgänge im Ofen fast ausschliefslich als chemische Reaktionen betrachtet, während besonders Schinz mit Recht darauf hinwies, dafs die ganze Ökonomie des Hochofenprozesses doch nur in der zweckmäfsigen Ausnutzung der durch die Verbrennung der Kohlen erzeugten Wärme bestehe. Schinz' Ansichten, die anfangs bekämpft wurden, weil er sie in heftiger, aggressiver Sprache vortrug, und weil er nicht eigentlich Fachmann war, wodurch ihm viele falsche Behauptungen mit unterliefen, blieben siegreich und haben einen grofsen Einflufs auf die Theorie des Hochofenprozesses in den folgenden Jahrzehnten gehabt. Hierzu trugen aber besonders die bahnbrechenden praktischen Untersuchungen von J. L. Lowthian Bell in England bei, welche derselbe 1869 im Zusammenhang veröffentlichte und die 1870 von P. Tunner unter dem Titel: „Über die Verwendung der Wärme in Eisenhochöfen verschiedener Dimensionen“ deutsch herausgegeben wurden. Bell ging dabei von dem Vergleich eines älteren kleinen Hochofens von 48 Fufs Höhe und eines neuen grofsen von 80 Fufs Höhe im Clevelandbezirk aus. Indem er die Koksersparnis möglichst genau zu ermitteln suchte, kam er zu einer genauen Berechnung der erzeugten und verbrauchten Wärme in Kalorien-Centner und indem er diese in kaufmännischer Weise als Soll und Haben gegenüberstellt, kommt er zur Aufstellung der „Wärmebilanz“, ein Begriff, der sich seitdem bei der Betrachtung des Hochofenbetriebes allgemein eingebürgert hat. Das praktische Ergebnis der damaligen Untersuchung Bells bestand darin, dafs der Ofen von 80 Fufs Höhe gegenüber dem von 48 Fufs Höhe eine Koksersparnis von 6,60 Centner pro Tonne ergab, dafs aber eine noch weitere Erhöhung der Öfen keine entsprechenden Vorteile erkennen liefs.

In geistvoller, wissenschaftlicher Weise verarbeitete M. L. Gruner 1872 in seinen „Analytischen Studien über den Hochofen“ die Resultate Bells und trug dadurch wesentlich zu einer richtigeren Auffassung

Digitized by Google

des Hochofenprozesses bei. C. Schinz und Lowthian Bell setzten ihre Studien über die Wärmeverhältnisse im Hochofen fort. Schinz veröffentlichte 1871 seine „Studien über den Hochofen“ und Lowthian Bell faſste die Ergebnisse seiner zahlreichen Untersuchungen und Beobachtungen in der 1884 herausgegebenen Schrift: Principles of the manufacture of iron and steel, with some notes on the economic conditions of their production zusammen. Fast gleichzeitig mit Gruners Studien erschien eine ähnliche Schrift des berühmten schwedischen Metallurgen R. Åkerman, welche Tunner 1872 unter dem Titel: „Studien über die Wärmeverhältnisse des Eisenhochofenprozesses“ in deutscher Übersetzung herausgab. 1878 veröffentlichte J. Wolters[1]) eine Arbeit über belgische Hochöfen.

Sowohl die Wärmemessungen als die chemischen Untersuchungen der Gase des Hochofens hatten ergeben, daſs bei richtigem Gang des Hochofens die Verbrennung der Kohle zu Kohlenoxydgas möglichst vollständig vor den Formen im Gestell vor sich gehen muſs und daſs das gebildete Kohlenoxyd in dem aufsteigenden Gasstrom die chemischen Veränderungen der Erze bis zur Roheisenbildung bewirkt. Ein geringer Überschuſs von Sauerstoff in Gestalt von Kohlensäure oder freiem Sauerstoff vor oder dicht über der Form, den die meisten Gasuntersuchungen nachgewiesen haben, ist für den weiteren Verlauf des Hochofenprozesses unwesentlich, weil derselbe in kurzer Entfernung über der Form durch Verbrennung eines weiteren Anteils Kohle zu Kohlenoxydgas verschwindet. Für die Konzentration der Hitze vor den Formen und die Energie der Schmelzung selbst ist es dagegen von Wichtigkeit, daſs die Verbrennung der Kohle zu Kohlenoxyd durch den Wind möglichst vollständig geschieht und der Überschuſs des Sauerstoffs möglichst rasch verschwindet. Diese wird gefördert durch das Vorwärmen des Windes und der wichtigste Nutzen der Winderhitzung besteht in der intensiveren Verbrennung vor der Form, der Konzentration der Verbrennung und damit der bedeutend gröſseren Wärmeentwickelung in der Schmelzzone. Die Entwickelung von Kohlensäure in dem oberen Teile des Ofens erfolgt durch die Reduktion der Erze und durch Austreibung aus Karbonaten in der Beschickung. Der Kohlensäuregehalt nimmt also in dem aufsteigenden Gasstrome zu. Ein Teil der entwickelten Kohlensäure wird in Berührung mit glühender Kohle wieder zu Kohlenoxydgas reduziert und zwar um so

[1]) J. Wolters, Des meilleurs moyens pratiques d'obtenir économiquement une grande production dans les hauts-fourneaux sans nuire à la qualité. — Revue universelle 1878, T. II, p. 73; T. III, p. 17; V. IV, p. 770.

Digitized by Google

mehr, je gröfser die Hitze im Schacht ist. Auch kann Kohlenstoff unter Umständen direkt die Reduktion bewirken, was aber einen unnützen Mehraufwand von Kohle zur Folge hat, denn das Kohlenoxyd der Verbrennungsgase reicht aus, die Reduktion der Erze zu bewirken. Je mehr dies der Fall ist, um so ökonomischer ist der Betrieb. Das Verhältnis der Menge der Kohlensäure zu dem Kohlenoxydgas in den Gichtgasen ist deshalb von grofser Wichtigkeit und bildet einen Mafsstab für den mehr oder weniger guten Gang des Hochofens.

Aus diesem Grunde hat Gruner das Verhältnis $\frac{CO^2}{CO}$ als Mafs der Vollkommenheit des Ofenganges in Vorschlag gebracht. Je höher der Wert von $\frac{CO^2}{CO}$, desto besser der Ofengang, und die Ermittelung dieses Verhältnisses in den Gichtgasen giebt ein Mafs der Vergleichung für den mehr oder weniger guten Betrieb. Nach den Ermittelungen Bells betrug bei den neuen Hochöfen im Clevelanddistrikt der Wert von $\frac{CO^2}{CO}$ bei gutem Ofengang 0,50 bis 0,70, bei schlechtem Ofengang nur 0,35 bis 0,40. Der ideale Ofengang — der, bei welchem die Reduktion der Erze nur durch Kohlenoxydgas der im Gestell erzeugten Verbrennungsgase erfolgt — würde einem Wert von 1,217 entsprechen. Dieser ideale Gang wird indessen in einem Hochofen nie erreicht.

Als Mafs für die Zu- oder Abnahme des Sauerstoffs und des Kohlenstoffs in dem aufsteigenden Gasstrome dient der Stickstoffgehalt, welcher als unveränderlich angesehen werden kann. Der Wind führt mit dem Sauerstoff eine bestimmte Menge Stickstoff dem Ofen zu, welcher unverändert die Gicht verläfst. Allerdings findet in der Formgegend eine Bildung von Cyangas statt und L. Bell hat gefunden, dafs in dem unteren Teile eines 24 m hohen Ofens 1 cbm Gas 15 g Cyan neben 29 g Kalium und Natrium enthielt. Beim weiteren Aufsteigen des Gasstromes verschwinden aber die Cyanverbindungen wieder, indem sie an der Kohlung des Eisens, die sie wesentlich befördern, teilnehmen wobei der Stickstoff wieder frei wird.

Nach diesen Ausführungen werden die nachfolgenden Analysen und vergleichenden Berechnungen der Gase eines Holzkohlenhochofens zu Eisenerz von 13,3 m Höhe, welche Schöffel 1872 veröffentlicht hat[1]), verständlich sein und ein deutliches Bild der Veränderungen der Gase beim Aufsteigen von der Form zur Gicht geben.

---

[1]) Siehe Jahrbuch der Österreich. Bergakademieen, Bd. XXI, S. 188; Ledebur. Handbuch, S. 507.

Digitized by Google

Tiefe der Entziehungsstelle unterhalb der Gicht	Kohlensäure	Kohlenoxyd	L. Kohlenwasserstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Auf 100 Raumteile Stickstoff: Sauerstoff aus der Beschickung	Kohlenstoff (gasförmig) aus der Beschickung	Verhältnis $\frac{CO^2}{CO}$
	Raumteile					Raumteile		
Gicht	13,96	24,44	0,34	4,85	55,42	19,5	34,6	0,57
4,4 m (8,3 m über d. Form)	14,64	26,30	—	8,20	50,86	26,7	40,2	0,55
5,7 m (7,0 m „ „ „)	12,67	25,99	0,93	6,90	53,15	24,1	36,3	0,49
9,1 m (3,6 m „ „ „)	12,78	28,57	0,20	2,81	56,23	20,3	36,8	0,44
10,1 m (2,6 m „ „ „)	12,07	29,33	0,03	2,78	56,55	19,5	36,7	0,41
10,7 m (2,6 m „ „ „)	7,92	29,01	—	2,31	60,76	9,2	30,4	0,27
Formgegend	2,07	33,72	0,06	1,39	62,63	2,7	28,5	0,06

Die Zusammensetzung der Gase in den verschiedenen Höhenquerschnitten oder Zonen ist aber ebensowenig gleich, wie die Temperatur. Dies hatte Rinman[1]) schon 1866 durch seine Untersuchungen der Gase des Hochofens zu Harnäs bei Dannemora von 12,02 m Höhe nachgewiesen. Er fand z. B. in 2,15 m Höhe über der Form:

	Stickstoff	Kohlensäure	Kohlenoxyd	Wasserstoff
An der Wandung	68,80	4,20	26,30	0,70
Im Inneren	64,05	2,35	33,05	0,55

Über die Abweichungen der Temperaturen an der Ofenwand und dem Inneren hat Wiebmer 1874 Untersuchungen bei einem Hochofen zu Gleiwitz von 13,60 m Höhe veröffentlicht[2]), woraus sich die nachfolgenden Wärmegrade (nach Celsius) ergeben:

	Formebene	0,44 m	1,47 m	5,54 m	7,64 m	9,83 m	12,03 m	Gicht
		über der Formebene						
Ofenmitte	1300	1400	1400	1200	955	850	680	140 bis 290
Zwischen Mitte und Wand	1500	1500	1300	1000	700	525	432	
An den Wänden	1600	1300	1400	1200	900	815	575	
Versuchszeit in Minuten	$1\frac{1}{2}$	4	8	20	20	20	20	

[1]) Siehe Percy-Wedding, Handbuch etc., II, S. 226.

[2]) Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preufsischen Staate XXII, S. 289.

Digitized by Google

Die Schwankungen in der Zusammensetzung der Gase zwischen Wand und Mitte, sowie die Schwierigkeit des Abfangens der Gase in gröfserer Tiefe beeinträchtigen den Wert der Gasuntersuchungen des aufsteigenden Gasstromes in verschiedenen Höhen für die Praxis.

Infolgedessen hat diese Art der Untersuchungen der Hochofengase abgenommen, die der Gichtgase, besonders die Ermittelung des Wertes $\frac{CO^2}{CO}$, aber zugenommen. Es gilt als genügend, die dem Hochofen zugeführten und die abgeführten Stoffe genau zu kennen, um ein richtiges Bild des Schmelzganges zu bekommen. Diese Ergebnisse brachte man dann in Verbindung mit der Ermittelung der Wärmeerzeugung und des Wärmeverbrauchs, d. h. mit der Wärmebilanz.

J. Lowthian Bells Abhandlung über die Wärme in Eisenhochöfen von 1869, welche 1870 von P. Tunner übersetzt wurde, regte, wie erwähnt, viele hervorragende Metallurgen zur Nacheiferung und zu ähnlichen Untersuchungen an.

Richard Åkerman veröffentlichte 1871 im Jern-Kontoret Annaler seine „Studien über die Wärmeverhältnisse des Eisenhochofenprozesses mit besonderer Berücksichtigung auf den hierbei geübten Einflufs des erhitzten Windes“ und schwedischer Verhältnisse. Bald darauf erschienen M. L. Gruners analytische Studien[1]), L. Bells Chemical phenomena of iron smelting[2]), R. Kuppelwiesers und R. Schöffels Beiträge zum Studium des Hochofenprozesses durch direkte Bestimmungen[3]), eine Fortsetzung von Tunners Versuchen von 1860/62, wobei aber nicht nur die Temperaturveränderungen, sondern auch die Veränderung der Gase beim Emporsteigen und der Beschickung beim Niedergang untersucht wurden. Eine vortreffliche Arbeit veröffentlichte F. Friderici[4]) 1882 über einen Holzkohlenofen zu Vordernberg, desgleichen Gordon[5]) 1887 über amerikanische Öfen, insbesondere über einen Hochofen zu Nord-Chicago. Ferner erwähnen wir die Arbeiten von Wolters (1876), Schellhammer (1882), C. Cochrane (1882), Fr. Dürre (1885), J. Gayley (1890), Paul Gredt (1890), Wedding (1892).

---

[1]) Etudes sur les hauts-fourneaux, deutsche Übersetzung von C. Steffen 1872.

[2]) Siehe Journal of the Iron and Steel Institute 1872, I, p. 1.

[3]) Jahrbuch der österreich. Bergakademieen 1872, XXI, S. 169, 367; Kerpely, Fortschritte etc. 1871/73, S. 252.

[4]) Siehe Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1882, S. 2.

[5]) Siehe Revue universelle des mines XXI, p. 442; Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1887, S. 391.

Digitized by Google

Gruner[1]) hat mit besonderer Klarheit die Berechnung der Wärmeelemente im Hochofen dargelegt und durch Beispiele erläutert. Die Wärmeerzeugung wird berechnet aus der Verbrennung der Kohle zu Kohlensäure und Kohlenoxyd und der Wärmezufuhr durch den erhitzten Wind; der Wärmeverbrauch 1. aus der für Reduktion und Schmelzung des Roheisens erforderlichen Wärme; 2. aus der durch die Schlackenschmelzung, Zersetzung des Kalksteins, Verdunstung des Wassers in der Beschickung und Zersetzung des Wasserdampfes im Gebläsewind; 3. aus der mit den Gasen fortgeführten fühlbaren Wärme; 4. aus der durch Ausstrahlung der Ofenwände und durch die Kühlvorrichtungen entzogenen Wärme.

Die Berechnung der Wärmeerzeugung ist leicht, wenn das Verhältnis $\frac{CO^2}{CO}$ in den Gichtgasen bekannt ist. Der zu Kohlensäure verbrannte Anteil Kohlenstoff hat 8080 W.-E., der zu Kohlenoxyd verbrannte 2473 W.-E. erzeugt. Die Wärmezufuhr durch die Gebläseluft ergiebt sich aus der Windtemperatur und der Windmenge; die sich ergebenden Zahlen werden durch die Produktion dividiert, um sie auf die Gewichtseinheit zurückzuführen.

Nicht ganz so sicher ist die Berechnung des Wärmeverbrauchs.

Für die Reduktion der Eisenerze nahm Gruner für das Eisen aus Eisenoxyd 1774 Cal., für andere Körper (Silicium, Phosphor u. s. w.) 210 Cal., zusammen 1984 Cal. an; für die Schmelzung von grauem Roheisen nach de Vathaire[2]) 330 Cal.; für das Schmelzen der Schlacken 550 Cal.[3]), ebenfalls nach de Vathaire; für die Zersetzung des Kalkes 373,5 Cal. nach Favre und Silbermann; für die Verdunstung des Wassers 605,5 Cal. nach Regnault; für die Zersetzung des Wassers auf 1 kg 3222 Cal.

Für die fühlbare Wärme, welche die Gase mit fortführen, ermittelte Gruner nach den von Regnault ermittelten Werten eine Durchschnittsziffer von 0,237 Cal. für 1 kg, für Wärmestrahlung 186 Cal., für die Wässerkühlung 93 Cal., zusammen 279 Cal. für 1 kg Roheisen nach L. Bell.

Diese Ziffern sind durch spätere Untersuchungen teils von Gruner selbst, teils von anderen teilweise modifiziert worden[4]). So fand

---

[1]) Siehe Annales des mines, sér. 7, t. II, p. 18.

[2]) Etudes sur les hauts-fourneaux.

[3]) Rich. Åkerman hatte 1886 den mittleren Wärmeverbrauch zum Schmelzen von 74 Hochofenschlacken zu 388° C. gefunden.

[4]) Siehe auch Dürre, Über Wärmeverbrauch im Hochofen; Österreichische Zeitschr. für Berg- u. Hüttenwesen 1885, S. 563.

Digitized by Google

Gruner die Schmelzwärme von grauem Roheisen zu 280 bis 285 Cal., bei weifsem zu 260 bis 265 Cal.; die Schmelzwärme der Schlacken bei grauem Roheisen zu 500 Cal., bei weifsem zu 450 Cal. Die Verdampfungswärme des Wassers beträgt 536 Cal. Die Zerlegungswärme des kohlensauren Kalkes beträgt nach Thomson (1880) 425 Cal.[1]).

Aus Gruners Wärmebilanzen der Hochöfen von Clarence, Ormesby und Consett ergiebt sich der Wärmeverbrauch:

	bei schlechtem Gang	bei gutem Gang	bei sehr gutem Gang
Im Ofen	0,70	0,75	0,80
Durch die Gichtgase weggeführt	0,20	0,15	0,10
Durch Ausstrahlung	0,10	0,10	0,10
	1,00	1,00	1,00

Die Wärmebilanz giebt einen sicheren Mafsstab des Schmelzbetriebes bei demselben Ofen und derselben Beschickung, sie giebt eine gute Vergleichung für gleichartige Betriebe, dagegen weichen die Wärmeziffern oft weit voneinander ab bei ungleichartigen Betrieben, z. B. bei Holzkohlen und Koks, bei weifsem und grauem Eisen u. s. w.

In der nachstehenden Tabelle geben wir eine vergleichende Wärmebilanz von drei Hochöfen des Clevelanddistriktes nach L. Bell (1869) und eines Hochofens (Nr. 7) von North-Chicago von Gordon (1887). Die Form der Bilanz ist die von Bell und Gruner eingeführte.

		Hochofen von Clarenceworks, erbaut 1853	Hochofen von Clarenceworks, erbaut 1866	Hochofen von Ormesby, erbaut 1867	Hochofen von North-Chicago, erbaut 1887
Fassungsraum des Ofens	cbm	160	310	550	405
Ofenhöhe	m	14,1	24,0	22,8	22,5
Produktion in 24 Std.	Tonnen	30	38,6	63	209
Fassungsraum für die Tonne in 24 Std.	cbm	5,3	8	8,75	1,9
Nummer des Roheisens		3 u. 4	3 u. 4	3 u. 4	1 u. $1^1/_2$
Verbrauchtes Erz pro 1 kg Roheisen	kg	1,89[2])	2,461	2,47	2,350
Verbrauchtes Flufsmittel pro 1 kg Roheisen	kg	0,62	0,689	0,633	0,350

[1]) Eine ausführliche Zusammenstellung der Reduktionswärme für die beim Hochofenschmelzen in Betracht kommenden Stoffe und Verbindungen findet sich in H. Wedding, II. Ergänzungsband zu seinem Handbuch, S. 40.

[2]) Nach Gruner-Steffens 2,440.

Digitized by Google

		Hochofen von Clarenceworks, erbaut 1853	Hochofen von Clarenceworks, erbaut 1866	Hochofen von Ormesby, erbaut 1867	Hochofen von North-Chicago, erbaut 1887
In der Reduktionszone verbrannter Kohlenstoff	kg	0,0966	0,0586	0,106	0,158
Windtemperatur	°C.	485	485	780	746
Gastemperatur an der Gicht	°C.	452	332	421	249
Wert von CO_2 : CO		0,387	0,6865	0,542	0,723
Im Ofen entwickelte Wärme	Cal.	3247	3854	3593	4080
Gewicht des Windes	kg	5,06	5,24	4,961	4,61
Gewicht der Gase	kg	6,69	7,03	6,703	6,3
In der Reduktionszone entwickelte Wärme	Cal.	1012	1526	1383	1997
In der Formzone entwickelte Wärme	„	2234	2328	2210	2082
Vom Wind beigebrachte Wärme	„	587	608	924	815
Gesamte entwickelte Wärme	„	**3832**	**4463**	**4516**	**4894**
Wärme der Schmelzzone	„	2820	2936	3135	2897
Wärmeverbrauch zur Eisenreduktion und Schmelzung	„	1797	2337	2345	3405
Wärmeverbrauch zum Schlackenschmelzen, Zerlegen des Kalksteins u. s. w.	„	1043	1224	1179	647
Von den Gasen abgeführte Wärme	„	717	550	654	378
Wärmeverlust durch Ausstrahlung	„	276	350	339	464
Ganzer Wärmeverbrauch	„	**3833**	**4461**	**4517**	**4894**
Im Ofen benutzte Wärme	„	2840	3561	3524	4052

Übersichtlicher ist die Wärmebilanz in der gebräuchlichen kaufmännischen Form. Als Beispiel diene die des Holzkohlenhochofens Nr. 2 zu Vordernberg, welcher auf weifses Puddeleisen ging, nach den Ermittelungen Fridericis 1882:

Einnahme	Cal.	Ausgabe	Cal.
Durch Verbrennung von Kohle	3647	Zur Reduktion	1858
Durch den erhitzten Wind	914	Von dem Roheisen mitgenommen	280
		Von der Schlacke mitgenommen	740
		„ den Gichtgasen „	647
		Von Verdampfung und Überhitzung des Wassers	96
		Zur Zerlegung des Kalksteins	254
		Durch Ausstrahlung und Kühlwasser (Restbetrag)	686
	4561		4561

Friderici hat sich aber nicht darauf beschränkt, die Wärmebilanz dieses Ofens aufzustellen, sondern er hat ebenso die Mengen und Zusammensetzung sämtlicher dem Ofen zugeführter Schmelzmaterialien, einschliefslich der Gebläseluft, sowie sämtlicher Enderzeugnisse ermittelt und gegenübergestellt, wodurch ein noch viel klareres Bild des Schmelzbetriebes gewonnen wird, doch müssen wir uns damit begnügen, auf die Abhandlung zu verweisen.

Nach Fridericis Angaben ist das Verhältnis $\frac{CO^2}{CO}$ in den Gichtgasen bei Holzkohlenhochöfen günstiger als bei Kokshochöfen; es betrug bei Vordernberg II $\frac{1}{1,72}$, in Vordernberg III $\frac{1}{1,49}$, bei den Clevelandöfen dagegen $\frac{1}{2,28}$.

J. L. Bell[1]) machte 1882 nach den Angaben Åkermans folgende vergleichende Zusammenstellung schwedischer Holzkohlenöfen und nordenglischer Kokshochöfen für 100 kg Roheisen.

Wärmebedarf für	Schwedischer Holzkohlenhochofen W.-E.	Cleveland-Kokshochofen W.-E.
Verdampfung der Feuchtigkeit des Brennmaterials	8 155	1 620
Reduktion des Eisens aus den Erzen	158 805	165 540
Kohlung des Eisens	9 600	7 200
Austreibung der Kohlensäure aus dem Kalkstein	7 105	20 060
Zersetzung derselben durch Kohle	7 360	20 800
Zersetzung der Feuchtigkeit des Windes	6 800	12 220
Zersetzung von Phosphor- und Kieselsäure	2 610	20 870
Schmelzung des Roheisens	33 000	33 000
Schmelzung der Schlacke	41 350	72 600
Durch das Mauerwerk abgeführte Wärme, ca.	12 715	18 290
Durch das Kühlwasser abgeführte Wärme	5 515	9 090
Durch die Gichtgase abgeführte Wärme	34 565	37 710
	327 610	419 000
Wärmeerzeugung berechnet zu	318 175	423 860

Demnach erforderten die Kokshochöfen zu Cleveland an 30 Prozent mehr Wärme als die schwedischen Holzkohlenöfen, welche reiche Hämatite und Magnetite verschmolzen, für die gleiche Menge Roheisen.

[1]) Vortrag bei dem Meeting des Iron and Steel Institute am 28. Oktober 1882; siehe Stahl und Eisen 1882, S. 494.

Digitized by Google

	Schwedischer Holzkohlen-hochofen	Cleveland-Kokshochofen
Verbrauch für 100 kg Roheisen an Brennmaterial	97,4	102,0
„ „ 100 „ „ Kalkstein . .	19,2	46,9
„ „ 100 „ „ Erz	167,8	234,7
Temperatur des Windes	211°	653°
Temperatur der Gichtgase	289°	262°

J. Lowthian Bell hat 1884 eine Vergleichung der Wärmebilanzen eines mit roher Steinkohle betriebenen Hochofens zu Brockwell in Durham mit einem Kokshochofen in Cleveland angestellt[1]). Bei dem Brockwell-Ofen war das Verhältnis von $CO^2 : CO$ in den Gichtgasen = 1 : 4,62. Die Temperatur der Gichtgase betrug 190° C., die des Gebläsewindes 427° C.; auf 100 Roheisen wurden 212 Steinkohle mit 113,2 Kohlenstoffgehalt verbraucht. Im Kokshochofen verbrannten 111,6 Koks auf 100 Roheisen.

Wärmeentwickelung	Steinkohlen-hochofen W.-E.	Koks-hochofen W.-E.
durch Verbrennen von Kohle zu Kohlenoxyd	256 080	225 120
„ „ „ „ zu Kohlensäure . . .	124 040	182 560
„ „ von Wasserstoff	93 500	—
„ die Wärme im Gebläsewind	59 600	59 595
zusammen . . .	533 220	467 275

Wärmeverbrauch	Steinkohlen-hochofen W.-E.	Koks-hochofen W.-E.
zur Schmelzung der Schlacken	50 270	83 510
„ Wasserzersetzung	15 810	13 600
„ Austreibung und Zersetzung der Kohlensäure .	41 180	51 510
„ Wasserverdampfung	15 255	1 560
„ Austreibung von Kohlenwasserstoff	122 800	—
„ Reduktion von Eisenoxyd	163 550	165 540
„ Kohlung des Roheisens	8 400	7 200
„ Reduktion von Silicium, Phosphor und Schwefel	21 330	20 870
„ Ausstrahlung durch die Ofenwände	27 435	18 290
„ Schmelzung des Eisens	33 000	33 000
„ Wasserkühlung	9 090	9 090
durch die Gichtgase	44 765	55 215
zusammen . . .	552 885	459 385

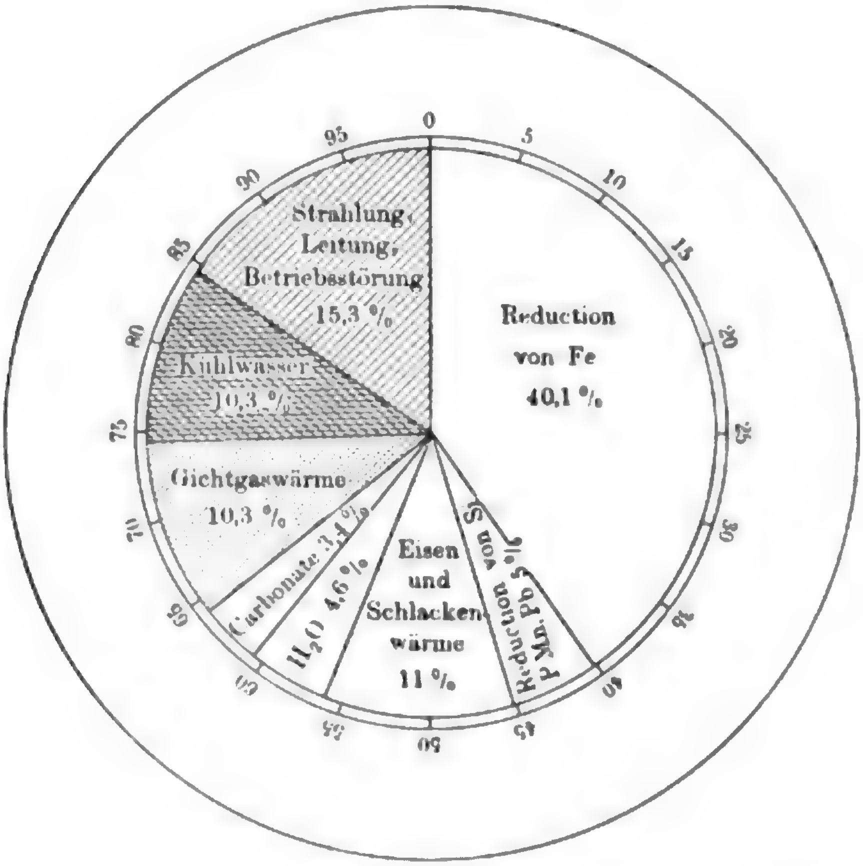
[1]) Siehe Iron XXIII, p. 373.

Digitized by Google

Oskar Simmersbach stellte die Wärmebilanz eines westfälischen Hochofens im Jahre 1895 graphisch in Fig. 203 dar.

Die Wärmebilanz wird am meisten durch die Reichhaltigkeit der Beschickung beeinflufst. Aus obiger Zusammenstellung von Gordon ist zu ersehen, dafs der amerikanische Ofen mit seiner reichen Be-

Fig. 203.



schickung nur 19,4 Cal. für 1 kg erzeugtes Roheisen erforderte, während die drei englischen Öfen mit armer Beschickung 94,7 bis 92,3 und 55,9 Cal. brauchten.

H. Wedding[1]) hat berechnet, dafs der Wärmeaufwand für das Schmelzen der Schlacken bei sehr reichen Erzen bis auf 209 W.-E. sinken, bei sehr armen Erzen bis auf 7330 W.-E. steigen kann. Derselbe nimmt einen Wärmeverbrauch im Hochofen von 4500 W.-E. auf 1 kg Roheisen hierfür als normalen Durchschnitt an, während ein Verbrauch von etwa 5000 W.-E. und darüber einen schlechten Schmelzbetrieb anzeige.

Über die Bildungstemperaturen der Hochofenschlacken hat Paul Gredt 1889 Untersuchungen veröffentlicht[2]).

---

[1]) Siehe Wedding, Die Wärmeverluste bei Hochöfen; Stahl und Eisen 1892, S. 1029.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1889, S. 756.

Digitized by Google

Am unsichersten ist bis jetzt noch die Ermittelung der Wärmeverluste durch Strahlung und Leitung, welche in der Regel aus der Differenz ermittelt worden sind. Direkte Messungen sind höchst schwierig und bis jetzt noch nicht ausgeführt. Wedding kommt aber bei seiner Berechnung der Wärmeverluste bei Hochöfen zu dem Schlufs, dafs die englischen und amerikanischen Angaben zu niedrig und deshalb unrichtig sein müssen.

Hohe Produktion von Roheisen und niedriger Kohlenverbrauch auf das erzeugte Eisen sind die Hauptziele eines guten Hochofenbetriebes. Dieselben sind zwar zunächst abhängig von der Reichhaltigkeit der Erze und der Natur des Brennstoffs; wie grofse Fortschritte aber verbesserte Betriebseinrichtungen herbeiführen können, haben die Erfolge der letzten 25 Jahre glänzend bewiesen. Diese lassen sich am deutlichsten erkennen, wenn man die Fortschritte der gleichen Gebiete vergleicht.

Den Eisenindustriellen des Clevelanddistriktes in Nordengland gebührt der Vortritt, denn von ihnen gingen die Verbesserungen aus, welche die Fortschritte im Hochofenbau und -betriebe in anderen Ländern angeregt haben. Die glanzvollste Entwickelung der Eisenindustrie Clevelands fällt zwar in das vorausgegangene Jahrzehnt, doch marschierte sie auch noch in den folgenden 25 Jahren an der Spitze des Fortschritts. Von 1871 bis 1890 nahm die Eisenproduktion von Cleveland von 1 823 294 Tonnen bis 2 846 089 Tonnen zu. 1872 wurden 6 300 000 Tonnen einheimische Erze zu 1 920 000 Tonnen Roheisen verschmolzen. 1891 wurden nur 5 300 000 Tonnen einheimische Erze auf 1 493 000 Tonnen Roheisen, daneben aber noch 2 260 000 Tonnen importierte Erze, wovon 2 100 000 Tonnen aus Spanien kamen, auf 1 330 000 Tonnen Eisen verschmolzen. Da die Clevelanderze arm sind und nur 30 Prozent Eisen im Durchschnitt enthalten, so war die Erzeugung der einzelnen Öfen lange nicht so hoch als die der grofsen amerikanischen Öfen. Sie betrug im Durchschnitt 300 Tonnen in der Woche, der Consettofen lieferte allerdings 850 Tonnen, die amerikanischen dagegen 1128 Tonnen die Woche.

Wir haben schon mehrfach darauf hingewiesen, welche überraschenden Fortschritte die Hochofenproduktion in den Vereinigten Staaten von Nordamerika in diesem Zeitraum gemacht hat[1]), hauptsächlich veranlafst durch das rasche Erblühen der Bessemer-

[1]) Siehe James Gayleys Vortrag über die Entwickelung des amerikanischen Hochofenbetriebes 1890, vor dem Iron and Steel Institute in New York gehalten; Stahl und Eisen 1890, S. 1004.

Digitized by Google

stahlfabrikation. Bei den vorzüglichen reichen Erzen von durchschnittlich bis zu 60 Prozent Eisengehalt im Möller war es nicht zu verwundern, dafs grofse Öfen mit starken Gebläsen hohe Produktionen gaben. So brachte es Struthers Ofen, Ohio, 1872 bereits auf eine höchste Monatsproduktion von 2064 Tonnen, und eine höchste Tagesproduktion von 66,6 Tonnen. Isabellaofen Nr. I bei Pittsburg von 22,86 m Höhe, 6,10 m Kohlensackweite und 42,5 cbm Inhalt erzielte zwischen 1876 und 1880 eine durchschnittliche Monatsproduktion von 2300 Tonnen und eine Tagesproduktion von 76 Tonnen bei $\frac{1340}{1000}$ Koksverbrauch. Der Lucyofen von gleicher Höhe und Weite des Kohlensacks und 436 cbm Inhalt brachte es sogar 1878 zu einer höchsten Monatserzeugung von 3338 Tonnen und einer Tagesleistung von 119,10 Tonnen bei $\frac{1247}{1000}$ Koksverbrauch. Sensation erregte es aber, als man 1880 auf den Edgar-Thomson-Werken mit einem verhältnismäfsig kleinen und engen Hochofen von 19,80 m Höhe, 8,96 m Kohlensackweite und 181 cbm Inhalt eine Monatsproduktion von 2226 Tonnen, eine Wochenproduktion von 682 Tonnen und eine Tagesproduktion von 97,5 Tonnen erzielte. Die Ursache lag nur in der besseren Windgebung. Zwei stehende Gebläse führten dem Ofen 425 cbm Wind in der Minute zu, welcher an den Formen 0,44 kg pro Kubikcentimeter Winddruck zeigte und durch drei Siemens-Cowper-Cochrane-Winderhitzer auf 565° C. erwärmt wurde. Dabei war der Koksverbrauch ein sehr günstiger: im ersten Monat $\frac{1194}{1000}$, im fünften Monat $\frac{861}{1000}$.

Dieser glänzende Erfolg gab das Signal für ein förmliches Wettblasen auf den amerikanischen Hütten, wobei man aber als Ziel nur die höchste Produktion, durchaus nicht den vorteilhaftesten Betrieb im Auge hatte. Bei dem Ofen Nr. II der Edgar-Thomson-Werke nach dem Muster von Nr. I, nur höher und weiter gebaut (mit 506 cbm Inhalt), wendete man zum erstenmal eine Gestellweite von 3,35 m an. Der Ofen, der April 1880 angeblasen wurde, erzeugte im dritten Monat 4387 Tonnen; im siebenten Monat 4798 Tonnen bei $\frac{1221}{1000}$ Koksverbrauch. Allerdings hatte man die eingeblasene Windmenge hierbei bis auf 850 cbm in der Minute gesteigert. Hierdurch wurde der Ofen rasch ausgefressen, der Koksverbrauch steigerte sich

Digitized by Google

bis auf $\frac{1428}{1000}$, während die Produktion sank. Nach zwei Jahren und fünf Monaten mufste der Ofen, der in dieser Zeit 113860 Tonnen Roheisen mit $\frac{1316}{1000}$ Koks erzeugt hatte, ausgeblasen werden. Bei einem anderen Ofen desselben Werkes von ca. 600 cbm Inhalt, welcher 1884 angeblasen wurde, steigerte man die Windmenge auf 935 cbm in der Minute; dabei erzielte man eine Monatsproduktion von 5080 Tonnen, aber mit einem Koksverbrauch von $\frac{1340}{1000}$.

In ähnlicher Weise ging man auf den übrigen amerikanischen Hütten vor. Das „Festdrauflosblasen“ oder Raschtreiben (American rapid driving) wurde leitender Grundsatz, und den besten „Record“ in der Roheisenerzeugung zu erzielen ein förmlicher Sport, wobei man weder an Brennmaterial sparte, noch die Öfen schonte. Man hielt es zuletzt beinahe für unmöglich, die Tonne Roheisen in den Vereinigten Staaten mit weniger als $\frac{1160}{1000}$ Koks herzustellen.

Gegen diesen rücksichtslosen und verschwenderischen Betrieb erliefs 1885 E. C. Potter in Chicago zuerst seinen Warnungsruf, indem er nachwies, dafs bei vernünftigem Blasen sich sehr wohl hohe Produktion mit geringerem Koksverbrauch vereinigen liefse[1]). Seitdem verringerte man die Windmenge und das rasche Treiben der Hochöfen kam in Verruf. Dagegen verbesserte man die Ofenkonstruktion und die Winderhitzer und kam dadurch zu glänzenden Leistungen. Die Verbesserungen bei den Hochöfen bestanden in sehr weiten Gestellen (3,35 m) mit besserer Windverteilung, steiler Rast und vorzüglicher Wasserkühlung, besonders der Rast; die Windwärme steigerte man von ca. 500° auf 700° C. Um diese Verbesserungen und den mafsvolleren, ökonomischeren Betrieb haben sich E. C. Potter, der Erbauer der South-Chicago-Werke, und James Gayley auf den Edgar-Thomson-Werken grofse Verdienste erworben. Bei dem 1885 angeblasenen Lucy-Hochofen von 472 cbm Inhalt verminderte Gayley die Windmenge von 880 auf 799 cbm in der Minute, indem er gleichzeitig die Windtemperatur auf 650° erhöhte. Dadurch stieg die Monatsproduktion von 5204 Tonnen auf 6146 Tonnen, während der Koksverbrauch von 1283 auf 1071 für die Tonne Roheisen sank. Bei den in den folgenden Jahren von ihm angeblasenen Hochöfen erreichte

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1893, S. 789.

Digitized by Google

er noch viel günstigere Resultate, so 1886 in einem Ofen von 560 cbm Inhalt im vierten Monat nach dem Anblasen eine Monatsproduktion von 8532 Tonnen mit $\frac{864}{1000}$ Koksaufwand und 765 cbm Wind von 650° C. in der Minute. Derselbe Lucy-Ofen lieferte in der folgenden Reise, welche Ende September 1889 begann, bei etwas engerer Zustellung im Kohlensack und 515 cbm Fassungsraum im Monat April 1890 10236 Tonnen Eisen bei $\frac{825}{1000}$ Koksverbrauch. Dies entspricht einer Tageserzeugung von 341,20 Tonnen. Diese Ergebnisse waren allerdings, um Sir Lowthian Bells Ausdruck zu gebrauchen, „staunenswert". Sie erklären sich zunächst zwar aus der reichen Beschickung, denn während ein Clevelandofen 1400 kg Schlacke auf die Tonne Eisen schmelzen mufste, schmolz ein Pittsburgofen nur 536 kg, sodann aber auch aus dem vortrefflichen Zusammenwirken vorzüglicher Betriebsvorrichtungen. Jeder Hochofen hatte seine eigene Gebläsemaschine und man blies durchschnittlich mit einer Pressung von 0,7 kg auf den Quadratcentimeter. L. Bell[1]) hat (1890) zum besseren Verständnis des Unterschiedes zwischen dem englischen und amerikanischen Betriebe eine Vergleichung in Zahlen aufgestellt, welche die Ursachen der ungleichen Leistungen zweier in gutem Betriebe befindlicher Öfen aus beiden genannten Bezirken erkennen lassen.

Leistungen der Hochöfen von

	Cleveland	Pittsburg
Rauminhalt	439 cbm	515 cbm
Windtemperatur	704°	593°
Koksverbrauch auf 1000 kg Eisen	995,5 kg	840 kg
Kalksteinverbrauch auf 1000 kg Eisen	550 „	335,5 kg
Erzverbrauch auf 1000 kg Eisen	2400 „	1611,5 „
Gewicht des Windes auf 1000 kg Eisen	429 „	350 „
Temperatur der abgehenden Gase	250°	160°
Tonne Eisen auf die Woche und auf 1 cbm Inhalt	0,79 t	4,20 t
Schlacke auf die Tonne Eisen	1400 kg	536 kg
Wärmeerzeugung auf 1 kg Eisen	4429 W.-E.	3460 W.-E.

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1890, Nr. 1014.

Digitized by Google

	Cleveland		Pittsburg	
	Wärme-einheiten pro 1 kg	Koks-verbrauch pro 1000 kg	Wärme-einheiten pro 1 kg	Koks-verbrauch pro 1000 kg
Reduktion des Eisenoxyds	1655	373,5	1627	395,0
Reduktion der Metalloide im Eisen	209	47,0	26	6,0
Zersetzung von Kohlenoxyd	72	16,5	96	23,0
Schmelzen des Eisens	330	74,5	330	80,5
Verdampfen des Wassers im Koks	14	3,0	12	3,0
Zersetzung des Wassers im Winde	119	27,0	112	27,0
Austreiben der Kohlensäure aus dem Kalkstein	204	46,0	149	36,0
Reduktion dieser Kohlensäure zu Kohlenoxyd	211	47,5	174	42,5
Schmelzen der Schlacke	770	174,0	295	71,5
Weggeführt im Gas	358	80,0	190	46,5
Wärmeverlust durch Kühlung, Ausstrahlung u. s. w.	487	110,5	449	109,0
Wärmeverbrauch Summa	4429	999,5	3460	840,0

Man ersieht hieraus, daſs in Cleveland fast die dreifache Schlackenmenge auf dasselbe Gewicht Eisen geschmolzen werden muſs.

Die glänzenden Erfolge des amerikanischen Hochofenbetriebes blieben auch auf den Betrieb der Länder des europäischen Kontinents nicht ohne Einfluſs, obgleich die günstigen Vorbedingungen hier durchaus nicht vorhanden waren, indem man meistens mit armen und mulmigen oder kleinstückigen Erzen zu thun hatte.

Was insbesondere Deutschland betrifft, so hatte die oberschlesische Industrie mit so ungünstigen Verhältnissen zu rechnen, daſs sie nicht daran denken konnte, mit so hohen Öfen und so groſsen Windmengen zu arbeiten. Die Verschiedenheit erscheint deutlich aus nachstehender vergleichenden Zusammenstellung eines in gutem Betriebe befindlichen Hochofens von Gleiwitz mit dem Lucy-Ofen bei Pittsburg, welche Bergrat Jüngst[1]) 1891 veröffentlicht hat.

	Lucyofen	Gleiwitz
Ganze Höhe	24,30 m	16,33 m
Weite der Gicht	4,62 „	3,90 „
„ des Kohlensacks	6,71 „	5,34 „
„ des Gestells	3,35 „	2,56 „

[1]) Siehe Zeitschr. für Berg-, Hütten- u. Salinenwesen in Preuſsen 1891, S. 121.

	Lucyofen	Gleiwitz
Höhe des Gestells	2,90 m	1,10 m
„ bis zu den Formen	1,83 „	0,99 „
„ der Rast	6,71 „	5,18 „
„ des Schachts	12,34 „	7,54 „
Inhalt	515 cbm	255 cbm
Windmenge pro Minute	708 „	190 „
Windpressung in Centimeter Quecksilber	50,92	13,00
Windtemperatur	600°	450°
Zahl der Formen	7	8
Weite der Formen	152 mm	72 mm
Eisengehalt der Gattierung	62 Proz.	48 Proz.
Kalkzuschlag	28 „	28 „
Eisengehalt des Möllers	48,2 „	38,42 „
Produktion in 24 Stunden	315 t	50 t
Koksverbrauch pro Tonne	857 kg	1300 kg
Rauminhalt des Ofens pro Tonne Tagesproduktion	1,63 cbm	5,1 cbm
Schlacke pro Tonne Eisen	540 „	850 „

In Rheinland und Westfalen hatte die Leistungsfähigkeit der Hochöfen bedeutend zugenommen, ohne indes den oben mitgeteilten Zahlen der Öfen von Pittsburg nahe zu kommen. Immerhin lieferten zwei Hochöfen in Ruhrort im März 1896 in 31 Tagen 17 069 Tonnen, also für einen Ofen täglich 243 Tonnen. Dagegen zeichnete sich die westdeutsche Hochofenindustrie durch soliden, sparsamen Betrieb aus, der in niedrigem Koksverbrauch $\left(\frac{850}{1000}\right)$ und langen Kampagnen von 13 bis 17 Jahren Ausdruck fand[1]).

Glänzender noch waren die Leistungen der Öfen im Minettebezirk sowie besonders die der Ilseder Hütte bei Peine. Im Großherzogtum Luxemburg hatte die Zahl der Hochöfen von 1871 bis 1895 von 14 auf 23 zugenommen, die Roheisenproduktion dagegen von 142 897 Tonnen auf 694 814 Tonnen, die Leistung eines Hochofens im Durchschnitt also von 10 207 Tonnen auf 30 210 Tonnen im Jahre oder von 27,9 auf 82,8 Tonnen im Tage[2]). Die neueren Hochöfen lieferten aber täglich 200 Tonnen Roheisen.

Die Ilseder Hütte[3]), welche 1890 Erze von 37 Prozent Ausbringen mit $\frac{881}{1000}$ Koksverbrauch bei einer Windtemperatur von etwa 450°

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1890, S. 1017; 1895, S. 129.
[2]) Daselbst 1895, S. 307.
[3]) Daselbst 1890, S. 1018, Anmerk.

Digitized by Google

verblies, erzeugte durchschnittlich pro Tag und Ofen 1880: 109573 kg, 1885: 143767 kg, 1890: 192000 kg, 1894: 212009 kg, 1896: 243883 kg. Das sind Leistungen, welche, wenn man den geringen Gehalt der Erze in Betracht zieht, den amerikanischen wohl an die Seite zu stellen sein dürften.

Die Zahl der Hochöfen in Preufsen hatte von 1871 bis 1881 abgenommen, dagegen war die durchschnittliche Leistung der Kokshochöfen von 4500 auf 14000 Tonnen im Jahre gestiegen [1]).

In den elf Jahren von 1882 bis 1893 hatte sich die Leistung der deutschen Hochöfen nahezu verdoppelt. 1882 zählte man 261 Hochöfen mit 3381000 Tonnen Produktion, 1893 204 Hochöfen mit 4986000 Tonnen Erzeugung, demnach war sie auf den Ofen von 12954 Tonnen auf 24441 Tonnen gestiegen. 1896 erzeugten 220 Hochöfen in 10846 Betriebswochen 6372575 Tonnen Roheisen.

Alle diese Erfolge europäischer Hochöfen wurden aber in den Schatten gestellt durch die grofsartigen Leistungen der neuesten Hochofenanlagen in den Vereinigten Staaten. Im Jahre 1896 erreichten die neuen Hochöfen der Edgar-Thomson-Werke bei Pittsburgh (Pa.) eine Wochenproduktion von 3000 Tonnen und eine Tagesleistung von 428 Tonnen [2]). Der betreffende Hochofen [3]) hatte eine Höhe von 27,45 m, 6,10 m Kohlensack, 75° Rastwinkel, 4,88 m Gicht, 3,96 m Gestell und acht Formen, welche 2590 mm über dem Bodenstein lagen und 152 mm vor die Innenkante des Gestells vorsprangen; die Düsen hatten 203 mm Weite. Die Cowper-Apparate erwärmten den Wind auf etwa 650° C. Jeder Ofen wurde von zwei vertikalen Gebläsemaschinen bedient mit Dampfcylindern von 1016 mm Durchmesser, Windcylindern von 2134 mm, welche im ganzen 728 cbm Wind in der Minute mit 0,7 kg Pressung lieferten. Der Koksverbrauch betrug nur $\frac{843}{1000}$. Charakteristisch war das weite Gestell und die verhältnismäfsig enge Rast, wodurch der steile Rastwinkel bedingt war.

Diese damals erstaunliche Leistung wurde aber bei weitem übertroffen durch die Hochöfen der ebenfalls von Carnegie & Co. neu erbauten Hochöfen von Duquesne, die Anfang 1897 in Betrieb kamen. Jeder der vier Hochöfen hatte eine Höhe von 30,48 m, 6,7 m Kohlensackweite, 4,28 m im Gestell und 5,18 m in der Gicht. Die Öfen Nr. I und II hatten zehn Düsen von 177,8 mm, die Öfen III und IV

[1]) Siehe Dürre in Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1884, S. 271.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1895, S. 1048.
[3]) A. a. O. 1896, S. 571.

Digitized by Google

sollten 20 Düsen erhalten. Der Inhalt eines Ofens betrug 707,5 cbm. Für je zwei Öfen waren fünf Gebläsemaschinen vorhanden. Diese von E. P. Allis & Co. gebauten Gebläse hatten stehende Balancier-Verbundmaschinen mit Kondensation, mit 1016 mm weitem Hochdruck- und 1981 mm weitem Niederdruckcylinder, 1930 mm Windcylinder und 1524 mm Hub. Das Schwungrad wog 40 Tonnen. Die Maschine lieferte 17,26 cbm Wind von 1,05 kg pro Quadratcentimeter Pressung und machte 66 Umdrehungen in der Minute[1]). Die Pressung des Windes konnte bis 1,76 kg pro Quadratcentimeter gesteigert werden. Die Dampfspannung betrug 8,4 Atmosphären. Jeder Ofen war mit vier Kennedy-Cowper-Apparaten versehen, die den Wind auf 1000° C. erhitzten. Die Gase entwichen mit 400° C. Bei einem Eisengehalt der Erze von 57 bis 60 Prozent war bis zum Frühjahr erzielt worden:

beste Monatsleistung . .	17 457	Tonnen oder 581 Tonnen im Tage,
„ Wochenleistung . .	4 176	„
„ Tagesleistung . .	701	„

Der beste Monat hatte einen Koksverbrauch von 771,8 kg, der Kalksteinzuschlag betrug 25 Prozent. Die Beschickung geschah automatisch mit der Nelandschen Beschickungsvorrichtung. Zu dem enormen Materialienverbrauch bei solcher Leistung waren selbstverständlich die Transport- und die Be- und Entladevorrichtungen, die alle von der Brown Hoisting and Conveying-Company in Cleveland gebaut waren, musterhaft.

Über noch neuere amerikanische Hochofenanlagen zu Lorain, Youngstown u. s. w. folgen die Angaben unter dem Abschnitt „Die Vereinigten Staaten von Nordamerika“.

Die aufserordentlichen Leistungen der amerikanischen Hochofenhütten veranlafsten denn auch nach langem Sträuben die englischen Hüttenbesitzer, die amerikanischen Fortschritte sich anzueignen, namentlich die Windpressung von 5 bis 6 Pfund auf 8 bis 12 Pfund, ja bis zu 20 Pfund auf den Quadratzoll zu erhöhen, jeden Ofen mit einem besonderen Gebläse zu versehen und die Gebläsemaschinen zu verbessern. So führte z. B. die Moss-Bay-Gesellschaft 1899 Dreifach-Expansionsmaschinen ein.

Dafs die Erzeugungskosten des Roheisens infolge der besseren Betriebsergebnisse geringer geworden sind, ist selbstverständlich. Hierzu haben aber nicht nur die Fortschritte der Roheisenerzeugung

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1897, S. 566.

Digitized by Google

an und für sich, sondern auch die bessere Verwertung der übrigen Ofenabgänge beigetragen. Auf die Verwertung der Schlacken haben wir oben schon hingedeutet. Die Fabrikation von Schlackensand, Schlackensteinen und Schlackencement hat eine grofse Verbreitung bei den Hüttenwerken gefunden.

Pflastersteine stellte Woodward in Cleveland zuerst 1875 in der Weise dar, dafs er die Hochofenschlacke in eiserne Formen laufen liefs und die erhaltenen Steine dann ausglühte oder temperte. Diese Fabrikation kam auch in Belgien zur Einführung. Im Jahre 1894 machte die Tees Scoria-Brick-Company auf drei Hochofenwerken in Cleveland täglich 10000 Stück Steine; die Gesamterzeugung im Clevelanddistrikt belief sich auf 100000 Pflastersteine, von denen 1000 Stück 75 Mark kosteten.

Gegossene Bausteine verwendete man in Schweden und in Frankreich. Aus den zähen Schlacken der Ilseder Hütte wurden Pflastersteine mit dem Hammer zugerichtet.

Die Granulierung der aus dem Ofen fliefsenden dünnflüssigen Schlacken der Kokshochöfen geschieht in einem kräftigen Wasserstrahl, der meist von den abfliefsenden Kühlwassern des Ofens erzeugt wird. Becherwerke heben den Schlackensand aus den Gruben auf Transportwagen.

Der feuchte Schlackensand wird mit gebranntem, ungelöschtem Kalk gemischt und in Ziegelpressen zu Schlackensteinen von Form und Gröfse gewöhnlicher Ziegel geprefst und dann im Freien erhärten und trocknen gelassen. Diese Schlackensteine geben ein gutes Baumaterial von gröfserer Durchlässigkeit als Thonziegel (nach Pettenkofer); sie lassen sich durch Zusatz geeigneter Stoffe beliebig färben. Eine gute Presse für Schlackensteine hat Wood 1879 gebaut[1]).

Zur Schlackencementfabrikation verwendet man kalkreiche, thonerdehaltige Schlacken, bei denen sich das Verhältnis von Kalkerde : Kieselsäure : Thonerde etwa wie 46 : 30 : 16 verhält. Das Verfahren von Farinaux, Cement durch Mischen von Kalk und flüssiger Schlacke zu erhalten, hat sich nicht bewährt. Man verwendet jetzt allgemein granulierte Schlacke. Die im Wasser granulierte getrocknete Schlacke wird staubfein gemahlen und dann mit gesiebtem Kalkpulver im Verhältnis von 100 zu 15 bis 30 Tln. in Kugelmühlen gemischt[2]).

---

[1]) Journal of the Iron and Steel Institute 1879; Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1878, S. 432, mit Abbildung.

[2]) Vergl. A. Prost, Note sur la fabrication et les propriétés des ciments de laitiers. Annal. d. mines, sér. 8, T. XVI, p. 158.

Digitized by Google

Da das Trocknen und Mahlen der Schlacke den Cement aber zu kostspielig macht, hat von Forell auf den Buderusschen Eisenwerken ein Verfahren erfunden, bei dem Schlacke und Kalk vor dem Mahlen in einem Brennofen gebrannt werden. Hierdurch wird das Mahlen sehr erleichtert[1]).

Weitere Verwendung fanden die Hochofenschlacken zur Glasfabrikation in England nach Basley Brittons Patent und zur Herstellung von Schlackenwolle, die schon 1878 auf den Teeswerken[2]) nach dem Patent von Charles Wood durch Einblasen von Dampfstrahlen durch feinverteilte Schlackenströme betrieben wurde.

Noch wichtiger für einen vorteilhaften Hüttenbetrieb ist die zweckmäfsigste Verwendung der Gichtgase. Diese dienen in erster Linie als Brennmaterial[3]), wofür sie sich besonders unter Anwendung des Regenerativsystems vortrefflich eignen. In neuerer Zeit hat man aber auch der Gewinnung der in den Gichtgasen noch enthaltenen brauchbaren Nebensubstanzen, Teer und Ammoniak, grofse Aufmerksamkeit geschenkt. In den Gasen der Kokshochöfen sind diese Stoffe nur in geringen Mengen enthalten, während die Gase der mit Steinkohlen betriebenen Hochöfen nicht unbedeutende Quantitäten davon enthalten. Baird & Co. zu Gartsherrie bei Glasgow, welche die ersten Einrichtungen zu Anfang der achtziger Jahre hierfür machten, gewannen 1883 13,61 kg schwefelsaures Ammoniak und 102,48 kg Teer auf die Tonne Kohle aus den Gichtgasen[4]). Man band das Ammoniak an Schwefelsäure (Neilson), später an schweflige Säure (Addie[5]). Die Kühl- und Waschräume für die Gichtgase waren von dem Direktor John Alexander erbaut. Theisen erfand 1898 ein Verfahren, durch Centrifugen sowohl Staub als Teer[6]) und Ammoniak aus den Gichtgasen abzuscheiden.

J. Addie nahm 1883 ein Patent (Nr. 4758) auf einen von ihm erfundenen Apparat zur Gewinnung von Ammoniak aus Hochofengasen; ebenso F. N. Mackay[7]) 1890 (D. R. P. Nr. 56 796).

Eine andere Verwendung der Hochofengase, die erst in jüngster

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 1088; 1900, S. 1170.

[2]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1878, S. 434.

[3]) Siehe Paul Gredt, Berechnung und Verwertung der Gichtgase; Stahl u. Eisen 1890, S. 591.

[4]) Vergl. Musil, Die Motoren für Gewerbe und Industrie, III. Aufl., Braunschweig 1897.

[5]) Engineering 35, p. 230; Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1883, S. 382.

[6]) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 57.

[7]) Daselbst 1891, S. 683; vergl. auch a. a. O. 1898, S. 749.

Digitized by Google

Zeit begonnen, aber rasch grofse Bedeutung erlangt hat, ist die der Verwendung zur Krafterzeugung in Gasmaschinen. Der Gedanke

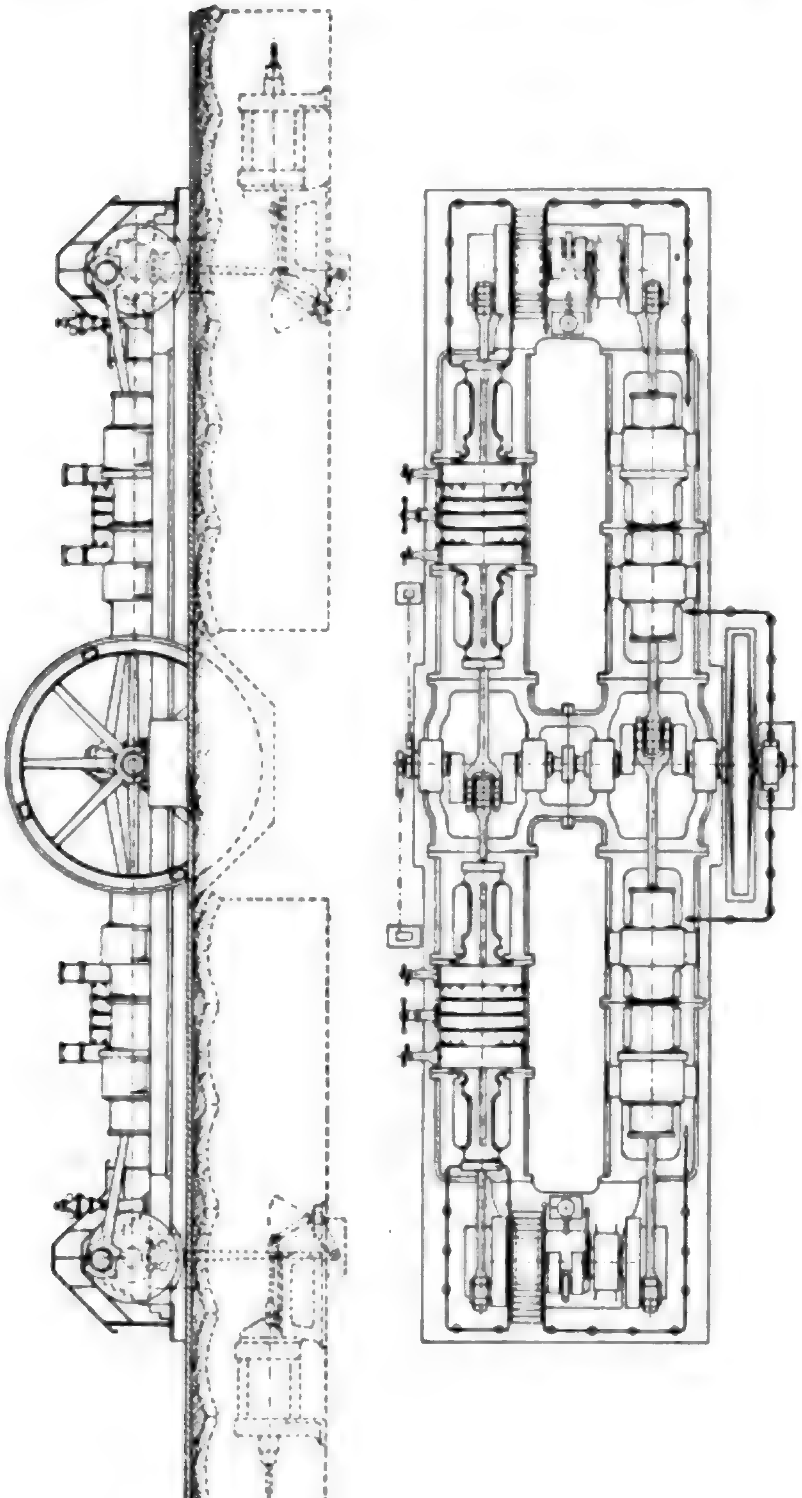


Fig. 204.

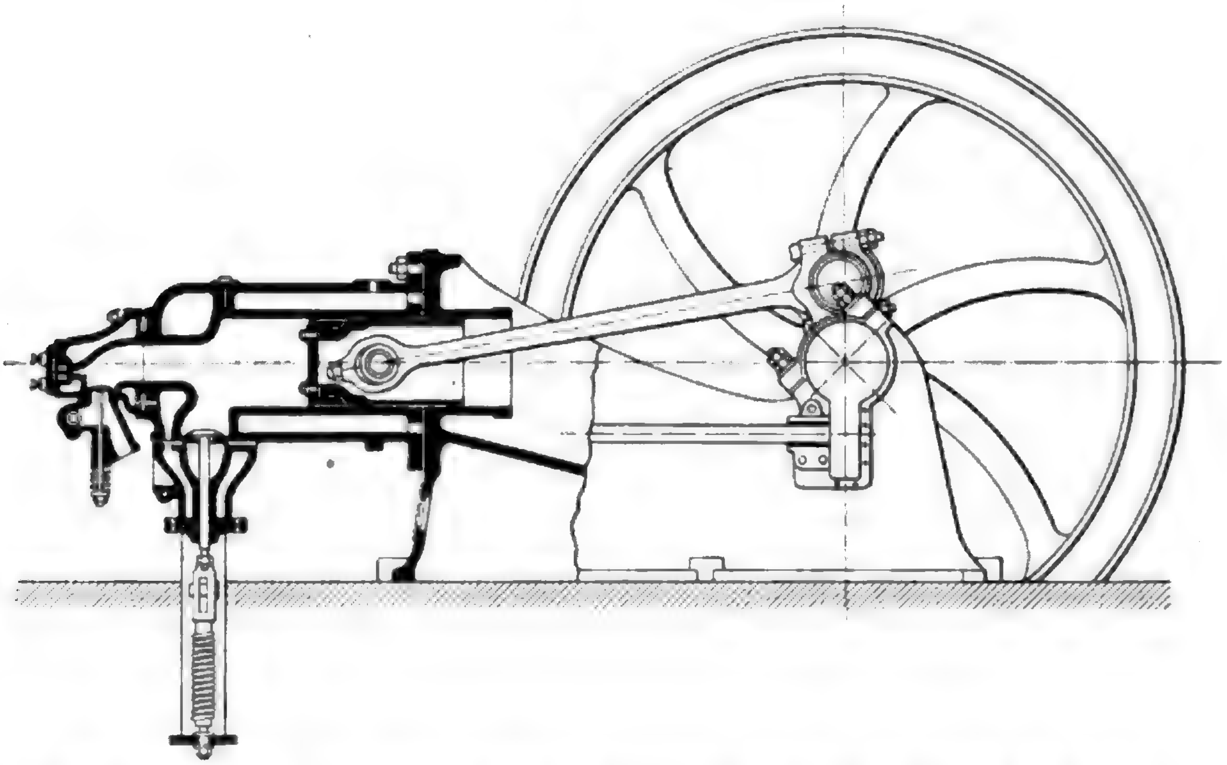
tauchte auf, nachdem man seit Anfang der neunziger Jahre begonnen hatte, Generator-Gasmaschinen mit Erfolg zu bauen[1]), ganz besonders, seitdem es der Gasmotorenfabrik Deutz gelungen war, eine gut arbeitende

[1]) Musil, Die Motoren für Gewerbe und Industrie, 3. Auflage, 1897.

Digitized by Google

Otto-Maschine von 200 P. S. mit Generatorgas zu betreiben. Eugen Langen, dem mit dem genialen Dr. Nic. August Otto, der am 26. Januar 1891 verstarb, das Verdienst der Erfindung des Gasmotors gebührt, faſste damals bereits den Gedanken einer groſsen Centrale mit Gichtgasmotorenbetrieb für den Bergbau- und Hüttenverein in Hörde. Es sollten sechs Maschinen von je 500 P.S. auf-

Fig. 205.



gestellt werden. Zu den nötigen Vorstudien wurde 1895 eine 12 P.S.-Maschine aufgestellt. Leider starb Langen am 2. Oktober 1895, ehe das groſse Projekt ausgeführt war. Da eine Einigung mit der Deutzer Fabrik nicht erzielt wurde, vergab der Hörder Verein im September 1896 die Ausführung von zwei Gichtgasmotoren von je 600 P. S. nach dem System Oechelhäuser und Junker (Fig. 204 a. v. S.) an die Berlin-Anhaltsche Maschinenbau-Aktiengesellschaft in Dessau. Die Inbetriebsetzung der ersten dieser Maschinen erfolgte erst im April 1898.

In England hatte Thwaite 1894 denselben Gedanken angeregt und bereits im Mai 1894 ein Patent dafür erworben. 1895 machte man zu Wishaw in Schottland damit einen Versuch. Dasselbe that in dem gleichen Jahre die Gesellschaft John Cockerill in Seraing[1]), die eine kleine Versuchsmaschine (Fig. 205) nach dem System „Simplex“ von Delamare, Deboutteville und Malandin aufstellen lieſs.

[1]) Bericht von H. Hubert, Annales des Mines de Belgique, Vol. 13, Nr. 4 (1897).

Digitized by Google

Anfangs hatte man wenig Vertrauen wegen der wechselnden Zusammensetzung der Gichtgase und ihren geringen Gehalt an Brenngas, ferner wegen des Gichtstaubes.

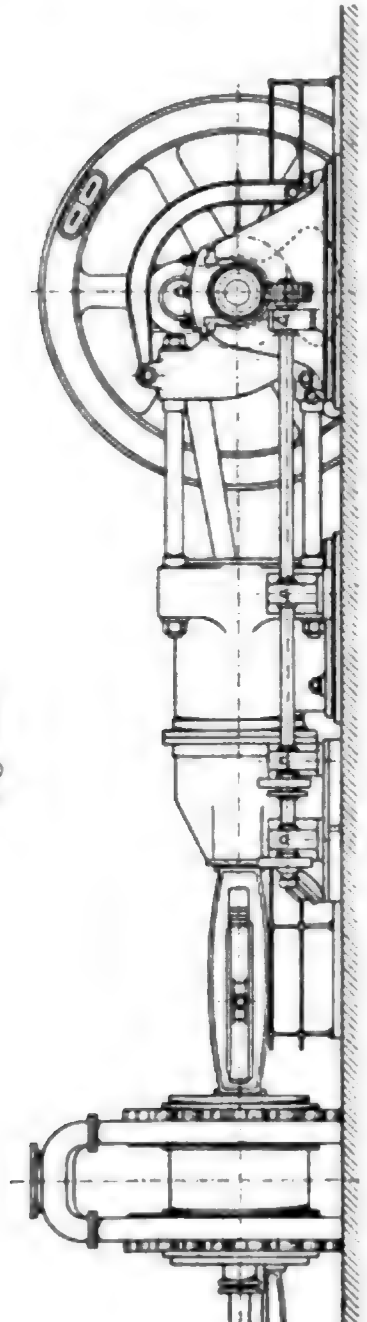


Fig. 206.

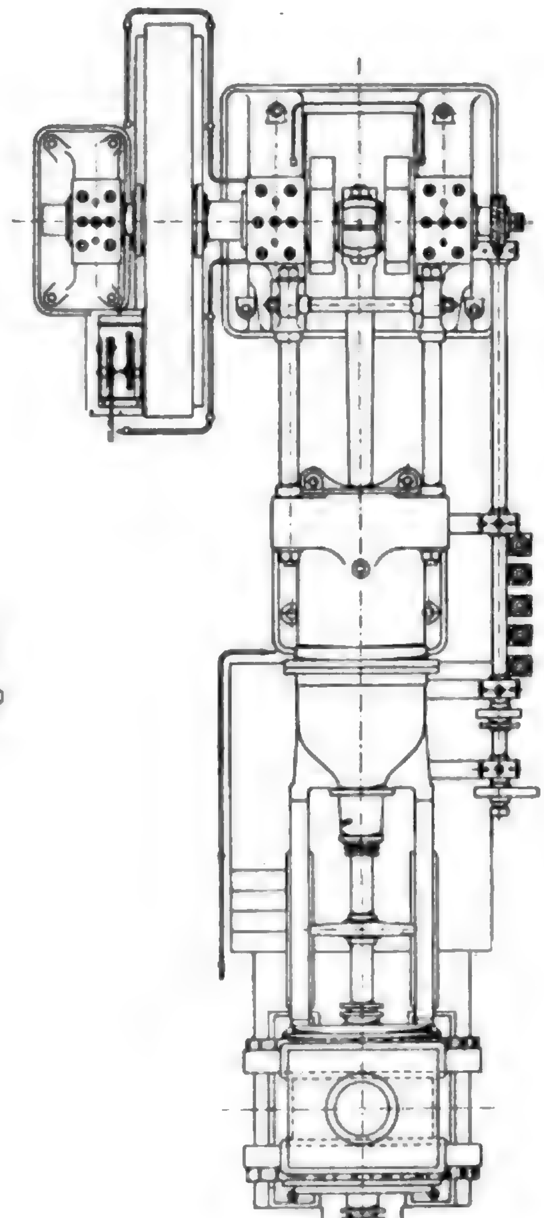


Fig. 207.

In Seraing erforderte in der achtpferdigen Versuchsmaschine eine Pferdekraft 4 cbm Gas. In der hierauf erbauten 200 P.S.-Maschine, die 1898 in Betrieb kam[1]), betrug der Gichtgasverbrauch nur 3 bis

[1]) Betriebsergebnisse der Hochofengasmaschine in Seraing siehe Stahl und Eisen 1898, S. 806. Weitere Litteratur über Gichtgasmaschinen: Stahl und Eisen 1899, S. 473, 517, 526, 633; 1900, S. 35, 413, 419, 721, 1005, 1080; 1901, S. 433, 489.

Digitized by Google

5 cbm. 1899 wurden zwei direkt wirkende Gasmaschinen-Hochofengebläse (Fig. 206, 207 a. v. S.) gebaut[1]). Die 600 pferdige Maschine nach

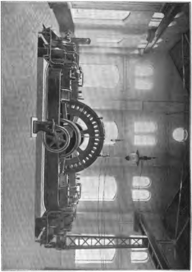


Fig. 208.

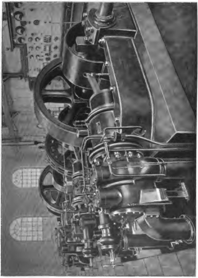
dem System Delamare-Deboutteville wird seit dem 20. September 1899 mit ungereinigten Hochofengasen zu Seraing betrieben. Sie ist ein-

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1900, S. 419.

Digitized by Google

cylindrisch, der Gebläsecylinder liegt hinter dem Gaskraftcylinder, die Kolben beider bewegen sich auf derselben Kolbenstange[1]).

Fig. 209.



Cylinderdurchmesser der Gasmaschine 1300 mm, des Gebläses 1700 mm, gemeinschaftlicher Hub 1400 mm. Um die Lösung der Frage der

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1900, S. 721, Fig. 1.

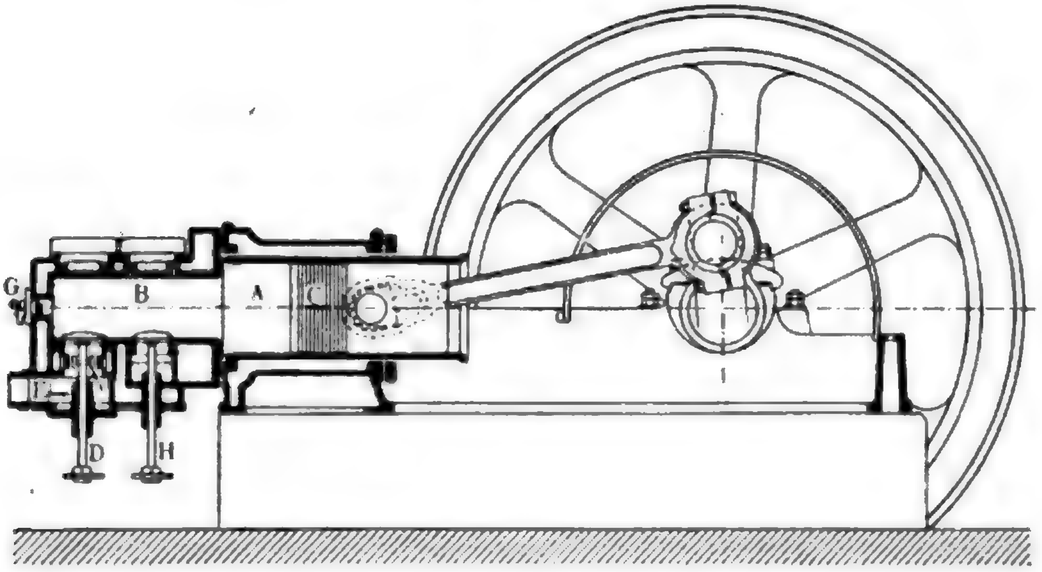
Digitized by Google

Gichtgasmaschinen machten sich Direktor Greiner in Seraing, Professor Hubert in Lüttich und Professor E. Meyer in Göttingen verdient.

Fig. 208 (S. 522) stellt eine von der Motorenfabrik Deutz neuerdings erbaute 1000pferdige Viertaktmaschine des Hörder Bergwerks- und Hüttenvereins dar.

Die Krafterzeugung der Gichtgase in Gasmaschinen ist etwa dreimal so grofs wie bei Dampferzeugung. Bei einem Hochofenwerk von 600 Tonnen Tagesproduktion rechnet man auf 10000 bis 12000 P.S.

Fig. 210.



bei Verwendung von Gasmotoren, während die Dampfkessel mit demselben Gichtgasquantum nur etwa 4000 P. S. liefern. Hieraus erhellt die grofse Bedeutung dieses Gedankens für die Zukunft.

Auf der Friedenshütte bei Morgenroth in Oberschlesien legte der 1899 verstorbene Generaldirektor Eduard Meier eine 1000pferdige, von Hochofengasen getriebene Kraftcentrale für elektrischen Betrieb, (Fig. 209 a. v. S.) an. Es wurden zunächst zwei Maschinen von 200 P. S. von der Deutzer Gasmotorenfabrik, vormals Otto & Co., erbaut. Fig. 210 stellt den Schnitt durch einen der Cylinder dar; diesen folgten zwei ähnliche zu je 300 P. S.

Ein direkt wirkendes Hochofengebläse mit Gichtgasbetrieb nach dem System Delamare-Deboutteville wurde Ende 1899 für die Hochofenanlage zu Differdingen in Betrieb genommen. Entworfen wurde dieselbe von Max Meier und Paul Würth, ausgeführt von der Soc. anonyme John Cockerill in Seraing[1]). Die Gesellschaft Phönix

[1]) Siehe Stahl u. Eisen 1900, S. 34.

Digitized by Google

hatte 1898 bei ihren Hochöfen zu Berge-Borbeck eine 150 P.S.-Maschine von Hartley & Petyt in Bingley, England, in Betrieb. Seit August 1899 befindet sich auf der Donnersmarkhütte eine 100pferdige, von Gebr. Körting in Hannover gebaute Gaskraftmaschine in Thätigkeit[1]).

Enrique Disdier aus Bilbao schlug 1899 vor[2]), Hochofen- und Koksofengase gemeinschaftlich zu benutzen in der Weise, dafs man die Hochofengase zur Erwärmung der Kokskammern verwendet und die Koksgase zur Krafterzeugung.

Anfang Juni 1900 nahm die Gutehoffnungshütte zu Oberhausen[3]) eine von der Deutzer Gasmotorenfabrik gebaute 600pferdige Gichtgasmaschine in Betrieb.

Obgleich Gichtgas-Kraftmaschinen erst seit wenigen Jahren in Betrieb stehen, ist ihre Einführung doch als ein grofser Erfolg zu bezeichnen. Bewährt haben sich künstliches Absaugen der Gase, Überhitzung und Kondensation.

Die Eisengiefserei seit 1870.

Die Fortschritte der Eisengiefserei in diesem Zeitabschnitt waren sehr bedeutend. Äufserlich stellten sie sich durch eine grofse Steigerung der Produktion, welche einer vermehrten Verwendung von Eisengufswaren entspricht, dar. Wenn wir Deutschland als Beispiel wählen, so sehen wir, dafs sich hier die Erzeugung von Gufswaren von 1871 bis 1899 wie folgt darstellt:

Gufswaren in Tonnen.

Jahr	I. Schmelzung	II. Schmelzung	Im ganzen
1871	72 204	345 419	417 623
1880	36 874	513 144	550 018
1890	32 812	1 021 475	1 054 287
1899	48 672	1 776 878	1 825 550

Die Gesamtmenge der Gufswaren ist also in den 29 Jahren um mehr als das vierfache gestiegen. Diese Zunahme kommt allein auf den Gufs II. Schmelzung hauptsächlich in Kupolöfen, während der

[1]) Siehe a. a. O. 1900, S. 413.
[2]) Siehe a. a. O. 1899, S. 533.
[3]) Siehe Stahl und Eisen 1900, S. 390, Fig. 13.

Digitized by Google

Gufs erster Schmelzung, d. h. unmittelbar aus dem Hochofen, sich fast auf die Hälfte und relativ von 17,3 auf 3,1 Prozent verminderte.

Dafs dieser Aufschwung in der Erzeugung auch von Fortschritten im Betriebe begleitet war, ist selbstverständlich. Diese betreffen zunächst die Grundlage des Giefsereibetriebes des Roheisens, dessen Kenntnis und Herstellung eine bessere geworden ist.

Die grofse Erfindung John Bessemers hatte auch hierauf ihren Einflufs. Sie zwang zu genauerer chemischer Untersuchung der Roheisensorten und dadurch wurde über die Rolle, welche die einzelnen Beimengungen, namentlich das Silicium, spielten, Licht verbreitet. Die gewonnenen Resultate gewährten Einblicke in das Verhalten des Giefsereiroheisens und man lernte die Wichtigkeit der chemischen Analyse auch auf diesem Gebiete zu würdigen. Während man in den siebziger Jahren die Güte des Giefsereiroheisens nur nach dem Bruchansehen beurteilte, geschieht das jetzt schon seit längerer Zeit nach der chemischen Zusammensetzung und man verlangt wie beim Bessemereisen Angabe des Gehaltes von gebundenem und ungebundenem Kohlenstoff, von Silicium, Phosphor, Schwefel und Mangan. Man lernte die Bedingungen für zweckentsprechende Erzeugung verschiedenartiger Gufswaren[1]) genauer kennen. Dadurch wurde die empirische Gattierung im Kupolofen durch eine wissenschaftliche ersetzt, was die Güte der erzeugten Gufswaren günstig beeinflufste.

Von Wichtigkeit war auch die Feststellung der chemischen Veränderungen, welche ein Roheisen durch Umschmelzen erleidet. Dies hat Bergrat Jüngst für Gleiwitzer Roheisen bei wiederholtem Umschmelzen mit Koks in einem Ibrügger Kupolofen durch Analyse 1885 festgestellt. Das Ergebnis war das folgende:

	I. Umschmelzung	IV. Umschmelzung	VI. Umschmelzung	
Graphit	2,73	2,54	2,08	nimmt ab
Amorpher Kohlenstoff	0,66	0,80	1,28	nimmt zu
Silicium	2,42	1,88	1,16	nimmt ab
Mangan	1,09	0,44	0,36	nimmt ab
Schwefel	0,04	0,10	0,20	nimmt zu
Phosphor	0,31	0,30	0,28	nimmt ab

[1]) Vergl. Abhandlung von R. Åkerman in Jernkontors Annalen 1889, deutsch in Stahl und Eisen 1889, S. 863, 932.

Digitized by Google

Die Anforderungen an die chemische Zusammensetzung des Giefsereiroheisens haben aber auch auf die Erzeugung desselben im Hochofen weittragenden Einflufs geübt. Durch die Bemühungen, graues Hämatitroheisen für das Bessemern zu erblasen, wurde man dazu geführt, auch ein gutes, grobkörniges Giefsereieisen, welches dem schottischen an Güte gleichkam, auf dem Kontinent zu erzeugen. Infolgedessen wurde die Alleinherrschaft des schottischen Giefsereieisens für Qualitätsgufs gebrochen. Für Deutschland waren die von Wachler 1877 ausgeführten Qualitätsuntersuchungen von rheinisch-westfälischen und ausländischen Roheisensorten, auf welche wir in der Geschichte des Eisens in Deutschland zurückkommen werden, von mafsgebender Bedeutung. Seit dieser Zeit hat im südlichen und westlichen Deutschland rheinisch-westfälisches und nassauisches Giefsereiroheisen das schottische fast gänzlich verdrängt.

Für das Bessemerroheisen war erwiesenermafsen ein gewisser Siliciumgehalt notwendig. Dadurch wurde auch die Aufmerksamkeit auf den Einflufs des Siliciumgehaltes auf das Giefsereiroheisen hingelenkt. Es erregte Sensation, als der englische Metallurg Th. Turner, der sich seit lange mit dieser Frage beschäftigt hatte, 1886 in einer Versammlung des Eisen- und Stahlinstituts in London die Behauptung aufstellte, dafs Silicium in gewissen Grenzen das Gufseisen verbessere, indem es seine Festigkeit erhöhe, flüssigere und glättere Güsse liefere[1]). Er stellte folgende Sätze auf: 1. Ein Zusatz von Silicium zu siliciumfreiem Eisen bewirkt eine Verbesserung der mechanischen Eigenschaften desselben. 2. Die Maximalwerte des Siliciumgehaltes sind für die Festigkeit oder den Widerstand gegen Zerbrechen 0,8 Prozent, für den Elasticitätsmodul 1 Prozent, für relative Dichtigkeit 1 (1,7) Prozent, für Zugfestigkeit 1,8 Prozent, für Qualität zur Bearbeitung bis 2,5 Prozent. 3. Wird die gewöhnliche Festigkeit verlangt, so soll der Siliciumgehalt nicht viel von 1,4 Prozent abweichen; wird Weichheit und Dünnflüssigkeit verlangt, 2,5 Prozent; ein Gehalt von 3 Prozent ist schon schädlich. Wood in Middlesborough hat Turners Tiegelversuche 1885 im grofsen wiederholt und kam zu denselben Resultaten. Er fand auch, dafs, wenn man weifses Roheisen mit Eisensilicid schmolz, ein Teil des Kohlenstoffs als Graphit ausgeschieden werde und graues Roheisen entstehe. Diese Entdeckungen waren indes an sich nicht neu, indem die zu Grunde liegenden Thatsachen wenigstens in Deutschland längst

---

[1]) Sitzungsberichte der Chemical Society vom 18. Juni und 5. November 1885; Stahl und Eisen 1885, S. 418.

Digitized by Google

bekannt waren. 1847 hatte bereits Bischof über Versuche, die er mit bestem Erfolg angestellt hatte, um durch Zusatz eines Kieselgehaltes zu weifsem Roheisen graues Eisen zu bilden und den Einflufs des Mangans zu hemmen, berichtet[1]). Die Versuche, Stäbe von diesem Eisen zu zerbrechen, hatten eine bei weitem gröfsere Haltbarkeit als die von Stäben aus schottischem Eisen dargethan. Ebenso hatte A. Ledebur wiederholt auf die Wichtigkeit des Siliciums für das Giefsereiroheisen hingewiesen und bereits 1884 vorgeschlagen, nicht mehr nach dem Bruchansehen, welches zu völlig irrigen Schlufsfolgerungen führen könne, sondern nach dem Siliciumgehalt zu sondern und zu verkaufen[2]).

Trotzdem hat erst Turners Vortrag im Jahre 1886 den eigentlichen Anstofs zu der lebhaften Erörterung über die Bedeutung des Siliciums im Roheisen gegeben. Die Zeit war dafür reif und da man bereits Eisensilicid oder Ferrosilicium mit 17 Prozent Siliciumgehalt für die Flufseisenbereitung im grofsen darstellte, so lag es nahe, dasselbe zunächst versuchsweise auch dem Gufseisen zuzusetzen. Diese praktische Anwendung machte der Franzose F. Gautier, welcher auf Grund der Versuche von Wood Ferrosilicium als einen geeigneten Zusatz zu Giefsereieisen erklärte und folgende Sätze aufstellte: 1. In weifsem Eisen scheidet ein Zusatz von Silicium den gebundenen Kohlenstoff in Form von Graphit aus und bewirkt die Entstehung von grauem Roheisen. 2. In grauem Roheisen verändert die Abscheidung von Silicium den Graphit in gebundenen Kohlenstoff und bewirkt weifses Roheisen.

Das Streben in Frankreich unter Gautiers Führung ging dahin, aus weifsem Eisen durch Zusatz von Ferrosilicium ein Graueisen zu erzeugen, das durch seine Güte das schottische Roheisen ersetzen sollte. Da sich nun alsbald die geschäftliche Reklame der Sache bemächtigte und starke Übertreibungen in Umlauf gesetzt wurden, so liefs der Verein deutscher Eisengiefsereien mit Unterstützung der preufsischen Regierung 1887 durch Bergrat Jüngst zu Gleiwitz sehr gründliche Versuchsschmelzen[3]) anstellen, auf welche wir hier nur verweisen können, welche aber den günstigen Einflufs eines begrenzten Siliciumzusatzes bestätigten und den Beweis lieferten, dafs man mit weifsem Roheisen durch Zusatz von

[1]) Siehe Bergwerksfreund 1847, Bd. XII, S. 2.
[2]) Siehe Glasers Annalen, Bd. XV, S. 41.
[3]) Schmelzversuche mit Ferrosilicium, Berlin 1890 (Sonderabdruck aus der Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Bd. XXXVIII).

Digitized by Google

Ferrosilicium ein gutes Material für Gufszwecke erzielen kann, ausgezeichnet durch hohe Festigkeit, geringe Schwindung und geringe Neigung zum Abschrecken. Während Jüngst diese Wirkung dem Silicium zuschrieb, war A. Ledebur der Ansicht, dafs dieses nur mittelbar gewirkt habe, indem das weifse Roheisen reiner war, weniger fremde Stoffe enthielt, als es heifserblasenes Graueisen zu haben pflegt; dagegen hob er hervor, dafs ein Siliciumgehalt den Graphit im Roheisen schütze, so dafs es öfter umgeschmolzen werden könne, ohne weifs zu werden.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen waren nicht nur von theoretischer, sondern auch von praktischer Bedeutung. Man konnte durch Zusatz von Ferrosilicium geringes Brucheisen und sogar verbranntes Eisen mit Vorteil verschmelzen. Besonders hat dieser Betrieb in Frankreich eine grofse Bedeutung erlangt, während sich in Deutschland, wo gute Giefsereiroheisensorten erzeugt werden, die Verwendung von Ferrosilicium im Allgemeinen als zu teuer erwiesen hat. Dagegen stellten die Hochofenwerke alsbald siliciumreiche Giefsereiroheisensorten zur Gattierung dar; so machte z. B. Gjers zu Ayrsome bei Middlesborough schon 1887 in einem Hochofen ausschliefslich ein solches Eisen mit 9 bis 13 Prozent Silicium für den Gebrauch der Giefsereien. Gutes Giefsereiroheisen pflegt 2,5 bis 3,5 Prozent Silicium zu enthalten.

In ähnlicher Weise wurde auch der Einflufs des Phosphors, des Aluminiums und anderer Stoffe auf das Gufseisen genauer untersucht. Letzteres hat dadurch, dafs es aufserordentlich viel billiger geworden ist, seit 1890 Bedeutung für die Eisengiefserei erlangt. Dafs ein Zusatz von Aluminium zum Roheisen reinigend wirkt und es dünnflüssiger macht, war schon länger bekannt. Ledebur erklärte 1887 diese Wirkung aus der durch das Aluminium bewirkten Reduktion im Roheisen enthaltener oxydischer Verbindungen. J. Keep[1]), der über diese Frage zahlreiche Versuche angestellt hat, schrieb (1888) dem Aluminium folgende gute Einwirkungen auf das Giefsereiroheisen zu: 1. es erhöht die Dichtigkeit der Güsse; 2. es hält Kohlenstoff gebunden bis zum Moment des Erstarrens, wobei dieser plötzlich als grofsblättriger Graphit ausgeschieden wird. Je rascher die Abkühlung eintritt, je mehr Kohlenstoff wird ausgeschieden, deshalb an den dünneren Stellen eines Gufsstücks

---

[1]) Siehe Iron, Bd. XXXV, S. 444; Ironmonger 1890, N. 860, S. 148; Stahl u. Eisen 1890, S. 696.

Digitized by Google

mehr als an den dickeren; 3. die Widerstandsfähigkeit des Gufseisens gegen Belastung und Stofs wird vermehrt; 4. der Verlust der Elasticität wird vermindert; 5. die Schwindung wird fast ganz aufgehoben; 6. die Flüssigkeit des Eisens wird erhöht. Man kann also auch durch Zusatz von Aluminium weifses Eisen in graues überführen und zwar wird das hierbei erhaltene Endprodukt für die meisten Zwecke besser sein als das durch Zusatz von Silicium erhaltene. Ein Aluminiumzusatz von 2 Prozent soll die Bruchfestigkeit um das Dreifache vermehren. Dennoch ist die Verwendung des Aluminiums zu diesem Zweck in der Eisengiefserei der Kosten wegen bis jetzt nur eine beschränkte geblieben. Für Qualitätsgufs wird es zuweilen in der Giefspfanne zugesetzt. Früher mufste man sich des Aluminiummetalls bedienen, jetzt bedient man sich vorteilhafter des im grofsen bereiteten Ferroaluminiums, und zwar am besten in der Weise, dafs man ein entsprechendes Stück davon in die leere Giefspfanne legt und dann das geschmolzene Gufseisen darüber giefst. Auf den „Mitisgufs“, welcher mit Hülfe von Aluminium erzielt wird, kommen wir später zurück.

Auch ein Phosphorgehalt ist innerhalb gewisser Grenzen von Nutzen. Er macht das Eisen nicht nur flüssiger, was schon früher bekannt war, sondern er erhöht auch die Festigkeit, und zwar liegt nach R. Åkerman[1]) die gröfste Festigkeit bei einem Phosphorgehalt von 0,25 Prozent, wenn gleichzeitig der gebundene Kohlenstoff 0,8 bis 1,4 Prozent beträgt.

W. J. Keep[2]), der ebenfalls 1889 die Wirkung des Phosphors auf das Gufseisen untersucht hat, kommt zu dem Schlufs, dafs ein mäfsiger Phosphorgehalt von etwa $^1/_2$ bis 1 Prozent noch günstig auf das Verhalten des Giefsereiroheisens einwirke, ein höherer Gehalt aber die Festigkeit beeinträchtige.

Im allgemeinen macht Phosphor das Gufseisen spröde. Ledebur hält deshalb für stark beanspruchten Baugufs $^1/_2$ Prozent schon für zu viel. Th. D. West giebt 0,7 Prozent als obere Grenze an.

Über den Einflufs des Mangans auf die Eigenschaften des Gufseisens haben namentlich Scheffer und Ledebur Untersuchungen veröffentlicht[3]). Dr. Wüst hält einen Mangangehalt von 0,8 Prozent für zulässig, während der Amerikaner Th. D. West 0,35 Prozent als

---

[1]) Die Bedingungen für zweckentsprechende Erzeugung von Eisengufs. Jernkontoret An. 1889; Stahl und Eisen 1889, S. 863.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1890, S. 604.

[3]) Siehe Jahrbuch für Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen 1880, S. 5.

Digitized by Google

Grenze angiebt, aufser bei abnorm hohem Silicium- und Schwefelgehalt.

Von Wichtigkeit waren auch A. Ledeburs Arbeiten über Seigerung bei Roheisen 1884. Indem er die Graphitbildung beim Erstarren des grauen Roheisens als eine Seigerung auffafst, kommt er zu dem Schlufs, dafs das graue Roheisen seine Entstehung einem Seigerungsprozefs verdanke und dafs sich manche Seigerungserscheinungen aus der Fähigkeit des Roheisens, in Legierungen von verschiedenen Schmelzpunkten zu zerfallen, erklären [1]).

Von praktischer Bedeutung war A. Ledeburs Untersuchung der Roheisensorten auf Säurebeständigkeit (1877), wobei er zu dem allgemeinen Schlufs kam, säurefestes Roheisen mufs so viel gebundenen Kohlenstoff wie möglich enthalten.

Erwähnung verdient noch der Vorschlag von Pet. Benj. Talbot (1893), das Giefsereieisen durch geschmolzene basische Schlacke zu reinigen [2]).

Obgleich die chemische Prüfung von gröfster Wichtigkeit ist, so hat doch auch die mechanische Untersuchung des Gufseisens eine gröfsere Bedeutung und Anwendung erlangt. Festigkeitsprüfungen sind allgemein geworden. In der Regel wird in der Praxis nur die Biegungsfähigkeit, d. h. die vor dem Bruch eintretende Einbiegung, ermittelt. Die Probestäbe macht man nach Th. D. Wests Vorschlag [3]) in neuester Zeit (1894) cylindrisch. Sie werden stehend, von unten gegossen. Gleiche Querschnittsform und gleiche Art des Giefsens sind von Wichtigkeit, wenn man verschiedene Gufseisensorten miteinander vergleichen will. Bearbeitete Stäbe zeigen eine höhere Biegungsfestigkeit als unbearbeitete.

Martens empfahl die Schlagprobe neben der Biegungsprobe für die Ermittelung der Güte des Gufseisens [4]).

Anstatt des Zerschlagens der Roheisenmasseln mit dem Handhammer wendet man jetzt vielfach Masselbrecher, die meist hydraulisch betrieben werden, an. Eine grofse Zahl ist patentiert worden. Fig. 211 (a. f. S.) zeigt eine einfache Konstruktion der Badischen Maschinenfabrik in Durlach [5]).

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1886, S. 244, und Ledebur, Handbuch der Eisengiefserei, S. 31.

[2]) Amerik. Pat. Nr. 476091/2; Stahl und Eisen 1893, S. 39.

[3]) Siehe Stahl und Eisen 1894, S. 909.

[4]) Siehe Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1898, S. 1326 und 1348.

[5]) Eine andere Konstruktion von Bopp & Reuther in Mannheim ist in Stahl und Eisen 1895, S. 1002, beschrieben und abgebildet.

Digitized by Google

Das Schmelzen des Roheisens geschah nach wie vor in Tiegelöfen, Flammöfen und Schachtöfen, doch traten letztere noch mehr wie früher in den Vordergrund.

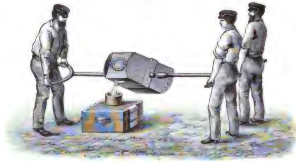
Fig. 211.

Bei den Tiegelöfen brachte Piat in Paris 1878 insofern eine Verbesserung an, als er einen beweglichen Tiegelofen, Fig. 212[1]), konstruierte, der das Ausgiefsen des Tiegels ohne dessen Herausnahme gestattete.

Die Flammöfen baute Friedrich Siemens 1884 mit niedergezogenen Gewölben.

Die Neuerungen und Verbesserungen bei den Kupolöfen sind so zahlreich, dafs wir nur eine kurze Aufzählung geben können; das Bedürfnis, rasch grofse Mengen von Roheisen für das Bessemerverfahren niederzuschmelzen, hat hierauf wesentlich mit eingewirkt. Für diesen Zweck bewährte sich der 1873 von Swain in Oldham eingeführte Kupolofen mit geschlossenem Vorherd[2]), in welchen das Eisen aus dem Schmelzraum unmittelbar abflofs. Der Vorherd war mit einer Esse verbunden und wurde durch die Ofengase geheizt.

Fig. 212.



[1]) A. Ledebur, Eisen- und Stahlgiefserei, Fig. 8, 9.

[2]) Siehe Abbildung in Weddings Handbuch der Eisenhüttenkunde III, Fig. 115, 116.

Digitized by Google

Nach Collins Angabe wurde bei diesem Ofen das Roheisen im Vorherd etwas entkohlt.

Zum Gufs des 600 Tonnen schweren Ambofsstocks für einen grofsen Dampfhammer zu Perm (1873) wurden 14 Mackenzieöfen gleichzeitig benutzt.

In demselben Jahre machte Gerhardi in Lüdenscheid Mitteilung über einen verbesserten Kupolofen.

Der 1875 aufgekommene Kupolofen von Voisin hatte zwei Reihen Düsen übereinander, was übrigens bei dem Irelandofen und vielen anderen Kupolöfen, wie namentlich dem von Schmahel 1845 in der königlichen Giefserei zu Berlin erbauten, schon früher versucht und angewendet worden war. Voisin wollte mit der zweiten Düsenreihe die Verbrennung vollständig machen, indem er das Kohlenoxydgas des aufstreichenden Gasstroms durch einen Windstrom verbrannte. Die zweite Düsenreihe sollte 650 mm über der ersten liegen, der Koksverbrauch sollte bei diesen Öfen nur 8,4 Prozent betragen. Sie wurden später (1880/81) von Hamelius noch dadurch verbessert, dafs der Wind erst in einen ringförmigen Kasten trat, aus dem sämtliche Düsen gespeist wurden, dafs die Zahl der oberen Düsen vermehrt, ihr Querschnitt aber verengert wurde und dafs sich dieselben abstellen liefsen, um nur während einer gewissen Zeit beim Einschmelzen benutzt zu werden.

In Pennsylvanien betrieb man Mackenzie-Kupolöfen mit Anthrazit. Dieselben ruhten auf vier Gufssäulen; der Boden war durch zwei halbkreisförmige Thüren, die durch einen Riegel gehalten wurden, gebildet. War das Schmelzen beendet, so wurde der Riegel aufgeschlagen, die Thüren klappten auf und der Ofen entleerte sich. Diese Art des Verschlusses hat man später auch bei anderen Öfen, z. B. bei dem von Hamelius, angewendet. Bei dem Ofen von Blakeny 1876 trat der Wind aus einem Ring durch viele Kurvenröhren in den Ofen; bei dem von Frank Lawrence (1877) geschah die Windzuführung durch drei Reihen übereinander liegender Schlitze.

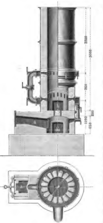
1878 wurde in Gröditz ein Kupolofen mit wassergekühltem Schmelzraum in Betrieb genommen, doch war der Koksverbrauch kein besonders günstiger.

1880 erfand Gustav Ibrügger zu Norden einen Kupolofen, Fig. 213 (a. f. S.). Bei diesem geschieht die Windzuführung aus einem ringförmigen Windkasten durch zwei Reihen schlitzförmiger Düsen. Das geschmolzene Eisen fliefst durch eine Öffnung am Boden in einen überwölbten Sammelraum unter dem Ofen, der mit einem Vorherd

Digitized by Google

verbunden ist, welcher durch die Gase des Ofens vorgewärmt wird. Dadurch eignet sich dieser Ofen besonders zum Zusatz von Schmiedeeisen, Ferrosilicium und anderen Substanzen in den Vorherd. Das erste Patent (D. R. P. Nr. 9733) wurde Ibrügger am 11. März 1880 erteilt und nebst einem zweiten (D. R. P. Nr. 10830) von Dirks & Co. in Norden erworben.

Fig. 213.



Der 1880 von Ant. Fauler in Freiburg konstruierte Kupolofen[1]) ist ein Mackenzieofen mit horizontalem Windschlitz, der aus einer Anzahl aufeinandergesetzter, auswechselbarer Ringe zusammengebaut ist. In den Vereinigten Staaten bewährte sich ein Kupolofen von Victor Calliau.

1881 erfand Dufréné in Paris seinen Kupolofen[2]) mit getrenntem Gasgenerator (D. R. P. Nr. 18483). Die Generatorgase treten durch einen gemauerten Rost von unten in den Schmelzraum. Besson in Lyon (D. R. P. Nr. 19051 vom 13. Dezbr. 1881) läßt den gemauerten Rost fort und erzielt dadurch eine raschere Schmelzung.

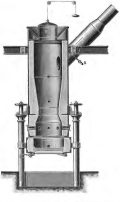
1882 veröffentlichte Dr. Otto Gmelin in Budapest seinen Kupolofen mit Wassermantel[3]). Der Schacht des Ofens, der auf dem gemauerten Eisenkasten ruht, besteht aus einem Doppelcylinder von Kesselblech, dessen ringförmiger Raum unten wasserdicht abgeschlossen und oben offen ist. Durch den ringförmigen Mantel cirkuliert Wasser. Dieser Ofen sollte

[1]) Siehe C. F. Dürre, Handbuch des Eisengießereibetriebes I, Fig. 38.
[2]) Siehe Dürre a. a. O. I, Fig. 41.
[3]) Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1882, S. 526; Dürre a. a. O. I, Fig. 52.

Digitized by Google

mehr leisten als zwei ausgemauerte und wenig Reparatur erfordern, doch mufs der Ofenschacht mindestens 900 mm lichte Weite haben. Er hat sich bei Ganz & Co. in Budapest gut bewährt. Nach einer Analyse war (1887) das Verhältnis von CO^2 : CO in den Gichtgasen = 16,6 : 3,4.

Fig. 214.



1883 trat F. A. Herbertz[1]) in Köln mit seinem Dampfstrahlofen auf (D. R. P. Nr. 26777 vom 31. Dez. 1883), bei dem die Verbrennungsluft nicht eingeblasen, sondern eingesaugt wird. Veranlaſst war Herbertz' Erfindung durch ein Polizeiverbot, einen flammenden und funkenwerfenden Kupolofen in der Stadt zu erbauen. Er verband Woodwards Dampfkupolofen (s. S. 81) mit Mackenzies Schlitzofen; nach verschiedenen Versuchen kam er zu der Fig. 214 dargestellten Konstruktion[2]) (D. R. P. Nr. 29539 vom 9. Mai 1884). Wie aus der Zeichnung zu ersehen, ist der Herd verstellbar. Später wurden an diesem Saugkupolofen, der eine ziemliche Verbreitung erlangte, noch mehrere Verbesserungen angebracht[3]). Der Dampfverbrauch ist bei dem Herbertz-Ofen bedeutend geringer als bei den früheren Woodward-Öfen und das Eisen ist wärmer; der Koksverbrauch zum Schmelzen ist sehr günstig[4]), aber der Dampf-

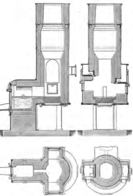
[1]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1885, S. 542.
[2]) Siehe Ledebur, Eisen- und Stahlgiefserei S. 118, Fig. 37; Dürre, a. a. O., Fig. 47, S. 567.
[3]) Vergl. Dürre, Handbuch der Eisengiefserei I, S. 565.
[4]) Aufsatz von Beckert in Stahl und Eisen 1886, S. 399.

Digitized by Google

verbrauch ist gröfser als bei Gebläsen und die Erzeugung eine beschränkte.

Friedrich Krigar in Hannover verbesserte (Pat. Nr. 29584 vom 28. Dezember 1883) seinen Ofen, Fig. 215, in der Richtung, dafs er den Vorherd mehr abschlofs, so dafs derselbe nur durch eine Durchflufsöffnung mit dem Schmelzraum in Verbindung stand. Der Vorherd wurde durch die Ofengase, welche durch einen Exhaustor angesaugt und mit Luft vermischt wurden, geheizt[1]). Hierdurch wurde der Kohlenverbrauch sehr vermindert und ein sehr heifses Eisen erhalten, welches bis zu 30 Prozent Schmiedeeisenzusatz im Vorherd gestattete. Ferner verbesserte Krigar die Windzuführung, indem er den Wind aus zwei seitlich angeordneten Windkasten durch zwei breite in verschiedener Höhenlage befindliche Schlitze in den Ofen treten liefs.

Fig. 215.



Wie viel ökonomischer der Betrieb der Kupolöfen jetzt gegen früher war, ist deutlich daraus zu ersehen, das Ebelmen 1842 bei einem Kupolofen, der 18 bis 20 kg Koks auf 100 kg Eisen verbrauchte, das Verhältnis von $CO^2 : CO$ in den Gasen = 0,83 fand, während F. Fischer 1879 bei einem Krigarofen, der 7 kg Koks brauchte, dasselbe = 2,5 fand.

1883 schlug G. Winter in Laufach[2]) eine einfache Art der

[1]) Siehe Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1885, S. 557.
[2]) Siehe Dinglers Journ. 1883, III, S. 446.

Digitized by Google

Bodenerwärmung vor, welche sich leicht bei jedem einfachen Schachtofen anbringen läßt.

1886 traten Greiner & Erpff zu Chisnowoda in Ungarn mit ihrem neuen Kupolofen hervor. Derselbe bezweckte, wie die Öfen von Voisin, Bichon und Hamélius, eine größere Ausnutzung der Gase, was durch eine bessere Verteilung der Oberdüsen erreicht wurde. Diese sind, wie aus Fig. 216 zu ersehen, spiralförmig und in solchem Abstand von den Hauptdüsen angeordnet, daß bei dem geringen Druck infolge der engen Ableitungen die Gase verbrennen, ohne die Koks zu entzünden. Hierdurch wird eine gute Vorwärmung der Beschickung ohne Brennstoffaufwand erzeugt. Diese Öfen haben sich bewährt z. B. zu Lauchhammer und besonders durch die Bemühungen von Lürmann eine ziemliche Verbreitung erlangt. Ihr Koksverbrauch soll angeblich nur 4 bis 5 kg auf 100 kg Eisen betragen.

Fig. 216.

Dasselbe Princip fand auch bei dem von J. Boult in London erfundenen Gaskupolofen Anwendung. Das in besonderem Generator erzeugte Gas wird oben eingeblasen und durch Spiraldüsen verbrannt.

Die äußere Gestalt der Kupolöfen ist jetzt meist cylindrisch und werden Ofen und Vorherd mit Blechplatten bekleidet, wie der Fig. 217 (a. f. S.) abgebildete Ofen vom Eisenwerk Karlshütte, Alfeld an der Leine, zeigt.

1887 gab Jens Hansen einen Kupolofen mit Vorwärmung des Windes durch die Ofenwände an. Auf demselben Princip beruht ein von Ambr. Schere Massey angegebener Ofen mit beweglichem Unterteil. In dem von Jukes, Glover und Rofshardt in Manchester angegebenen Ofen, der aus zwei Schächten mit gemeinschaftlichem Sammelraum besteht, wird das Eisen, welches beim Eintritt in letzteren von Windstrahlen getroffen wird, gefeint.

Digitized by Google

Auch bei dem Ofen von C. Cooper (1889, amerikan. Patent Nr. 392187) sind Schmelzraum und Sammelraum getrennt. Der obere Schmelzraum wird durch ein Gewölbe getragen, das flüssige Eisen fliefst nach unten. Massey in Madras machte den oberen Teil abnehmbar zum Zweck leichterer Reparatur. Eine eigentümliche Konstruktion ist die von dem Amerikaner Thomas D. West[1]) 1893 angegebene mit innerer Blasenform oder Mitteldüse (Fig. 218). Diese

Fig. 217.

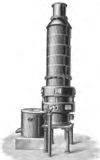
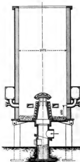


Fig. 218.



Konstruktion ist für grofse, weite Öfen gedacht. Sie sollen sich in den Vereinigten Staaten bewährt haben.

Dagegen eignet sich R. Baumanns Vorwärme-Tiegelofen[2]) für den Kleinbetrieb. Er ähnelt den ältesten Giefsöten, wie sie schon Reaumur beschrieben hat (s. Bd. III, S. 171), und den alten Kalebassen (Bd. IV, S. 533). Fig. 219 stellt Baumanns Tiegelofen und Fig. 220 Baumanns sogenannten Rapid-Kupolofen dar. Man sieht

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1894, S. 323; W. Kirschner, Fortschritte der Eisengiefsereipraxis 1901, S. 99.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1898, S. 547.

daraus, dafs diese wie der Piat-Ofen bewegliche Tiegelöfen sind, die wie dieser für Fein- und Qualitätsgufs dienen sollen.

Mit den Verbesserungen der Kupolöfen stehen die der Gebläse in engster Beziehung. Am meisten blieben Ventilator- und Kapselgebläse in Anwendung.

In Amerika wurde Anfang der siebziger Jahre für das Roheisenumschmelzen in den Bessemerwerken hauptsächlich das Sturtevant-Fächergebläse mit zwölf leichtgekrümmten Schaufeln und einer jeden

Fig. 219.

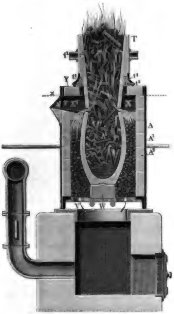
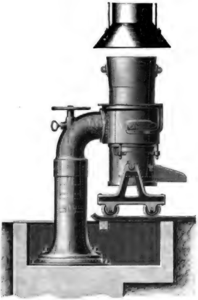


Fig. 220.



Verlust hindernden Scharnierdichtung angewendet. Es war öfter mit einem von Dampf geheizten Röhrensystem zur Winderwärmung verbunden.

1881 konstruierte E. D. Farcot einen neuen Ventilator, der als ein verbesserter Lloydscher anzusehen ist.

Mehr Aufmerksamkeit hat man den Kapselrädern zugewendet, die auch die Ventilatoren vielfach verdrängt haben.

Ellis' Gebläse 1876/77 war ein einachsiges Kapselrad, dessen Achse excentrisch zum Mittel der Aufsentrommel stand; doch vermochte es nicht die zweiachsigen Rootsgebläse zu verdrängen.

Digitized by Google

Um 1878 konstruierte Heinrich Krigar in Hannover sein zweiachsiges Patentschraubengebläse (D. R. P. Nr. 4121), das ein verbesserter Roots blower war. Die größeren machen 100 bis 175 Umdrehungen in der Minute.

1882 erbaute Stewart in Amerika sein einachsiges Kapselgebläse, welches in den Vereinigten Staaten Verbreitung fand.

Man wendete bei Kupolöfen höchstens eine Pressung des Windes von 55 cm Wassersäule an. Doch haben neuerdings Krigar und Ihssen[1]) und C. H. Jäger Hochdruckgebläse erfunden, die Verbreitung gefunden haben. Das Jägergebläse ist Fig. 221, 222 in Ansicht und

Fig. 221.

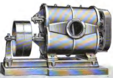


Fig. 222.

Querschnitt dargestellt. Die Drehkörper dichten gut in breiten Flächen, und es kann eine Windpressung von einer halben Atmosphäre erzielt werden.

Für die Herbertzöfen kamen Dampfstrahlgebläse in Anwendung. Ein solches war zuerst 1870 C. W. Siemens in London patentiert worden. Verbesserte Gebläse der Art für Hüttenbetrieb brachten die Gebrüder Körting in Hannover zur Einführung.

Wenden wir uns zu den Fortschritten der Formerei. Man versuchte die natürlichen Formsande durch künstliche Surrogate zu ersetzen. Pet. Gallas schlug 1888 einen künstlichen Formsand aus 19 Tln. reinem Sand und 2 Tln. gepulvertem Harz vor und J. Patrick ebenfalls in Frankfurt 1889 ein Gemisch aus Sand und Teer. In England wendete man schon länger einen Formsand aus gewaschenem Sand und Teer an.

Besonders bedient man sich neuerdings zur Herstellung der

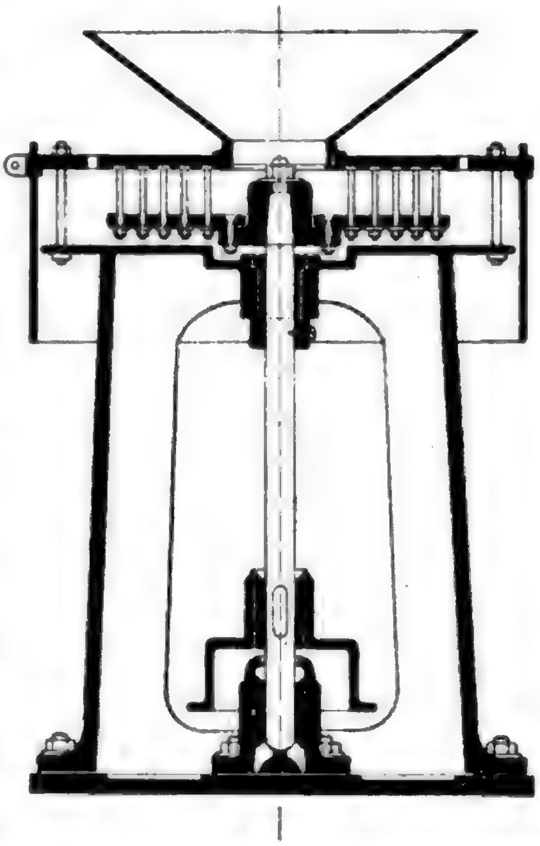
[1]) Siehe Stahl und Eisen 1898, S. 70.

Digitized by Google

Formkerne häufig eines Sandes, dem organische Substanzen beigemengt sind, infolgedessen er nach dem Gufs leicht herausfällt. In den Vereinigten Staaten ist hierfür ein Zusatz von Maismehl üblich.

Um die Verbesserung der Formsandmühlen hat sich besonders das Grusonwerk zu Buckau-Magdeburg Verdienste erworben. Kugelmühlen bauten auch P. Zimmermann in Rathenow 1882 für diesen Zweck. Den Carrschen Desintegrator haben Seebold & Neff (Badische Maschinenfabrik) in Durlach um 1876 zuerst zum Zerkleinern und Mischen des Formsandes verwendet. 1882 erfanden A. Diefenthäler und Schütze eine Schleudermühle mit verstellbaren Stiften zur Vorbereitung des Formsandes und ersterer nahm am 24. Oktober 1882 ein Patent (D. R. P. Nr. 23561) auf einen Apparat zum Mischen und Sieben des feinen Modellsandes. Die Sandmischmaschine von C. Schütze ist Fig. 223 im Durchschnitt abgebildet. Auch H. Krigar konstruierte 1885 eine Mahl- und Mischmaschine nach dem Carrschen Princip. A. von der Nahmer in Remscheid liefs sich 1886 eine Sandmischmaschine patentieren (D. R. P. Nr. 34948). Zum Sieben des Formsandes hat Verfasser längere Zeit ein von A. Schmidt-Manderbach erfundenes Spiralsieb verwendet. Ein wagerecht hin und her gehendes Sandsieb hat Max Goerke in Aumühle 1889 sich patentieren lassen (D. R. P. Nr. 48385).

Fig. 223.



Zum Wickeln der Lehmkerne haben sich Holzwollseile statt der Strohseile bewährt.

Bei den Formkasten erstrebte man Ersparnis an Kasten durch Zusammensetzung derselben aus Teilen. So führte 1877 die Emersche Eisengiefserei Abschlagformkasten ein, bei denen jeder Kastenteil aus zwei Stücken, die durch Scharniere verbunden waren, bestand, und Auerbach konstruierte in demselben Jahre seine Universalrahmen, in welchen die unbeschlagenen Formkasten befestigt wurden. Schmidt nahm 1894 ein Patent (D. R. P. Nr. 74167) auf diagonal geteilte, ver-

Digitized by Google

schraubte Kasten. Schmiedeeiserne Kasten werden jetzt fabrikmäfsig hergestellt und sind leichter wie Gufseisenkasten[1]).

Zahlreiche Verbesserungen wurden bei den Formmaschinen, die eine grofse Verbreitung erlangten, gemacht. Wir können nur einzelne derselben in chronologischer Ordnung kurz erwähnen.

Auf der Wiener Weltausstellung von 1873 war eine Röhrenformmaschine von Direktor Dewailly von Marquise, Dep. Pas de Calais, die auf dem in Schottland bewährten Princip der rotierenden Stampfkeulen beruhte.

Fig. 224.

Ende der siebziger Jahre konstruierten Sebold & Neff in Durlach [später Badische Maschinenfabrik[2])] eine Formmaschine, die grofse Verbreitung in Deutschland fand. Sie arbeitete mit einer Modellplatte, Modell und Schwenkrahmen, prefste den Sand in den Formkasten und war mit einer Vorrichtung zum Auslösen des Modells versehen. In der ersten Beschreibung[3]) war darauf Wert gelegt, dafs die Druckplatte keine ebene, sondern eine der Gestalt des Modells entsprechende Druckfläche haben solle. Sie war für Handbetrieb eingerichtet. Um dieselbe Zeit (1879) wurde die Formmaschine von G. Woolnough und Fr. Dehne in Halberstadt (D. R. P. Nr. 1391, 8669 und 15271), Fig. 224, die ebenfalls grofsen Beifall fand, ein-

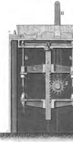
[1]) Siehe Eisenzeitung 1900, S. 815.
[2]) Siehe Ledebur, Eisen und Stahlgiefserei, Fig. 133, 134.
[3]) Siehe Dinglers Pol. Journ. 1880, II, S. 19; 1883, III, S. 245, IV, S. 104, 107.

Digitized by Google

geführt. Sie arbeitet mit Modellplatten, die nicht aus Eisen, sondern aus Gips, Cement, einer leichtflüssigen Metallmischung, Hartgummi oder einem anderen leichten Stoff hergestellt sind, um sie besser handhaben zu können, die aber, um sie haltbarer zu machen, mit Rahmen von Eisen umgeben sind[1]). Die Modellplatte ruht in zwei Zapfenlagern auf zwei Säulen und kann vollständig gedreht werden. Darunter läuft der Formtisch auf Rollen. Das Modell ist auf beide Seiten der Formplatte verteilt. Nachdem zuerst der Unterkasten eingestampft ist, wird die Platte gedreht und in gleicher Weise der Oberkasten fertig gemacht.

Am 21. November 1880 liefs sich H. Reusch in Dillingen einen Formkasten mit Doppelpressung zu gleichzeitiger Herstellung von Ober- und Unterkasten[2]) patentieren. Die Marienhütte bei Kotzenau führte eine Specialformmaschine für Geschirrgufs[3]) ein.

Fig. 225.



Bei der 1881 von Ugé in Kaiserslautern patentierten Formmaschine (D. R. P. Nr. 15570), Fig. 225, geschieht die Auslösung des Modells durch Abwärtsbewegung der Modellplatte und Hindurchziehen der Modelle durch Schlitze der Tischplatte, auf welcher der Formkasten steht. Die Bewegung geschieht in der Regel durch Hebel und Getriebe.

Für die Herstellung von Töpfen mit gleicher Wandstärke soll die von J. V. Hope am 19. Oktober 1882 patentierte Formmaschine dienen. Ganz konstruierte eine für geriffelte Walzen bestimmte Formmaschine, bei welcher die Riffeln durch Einpressen auf eine glatte, cylindrische Form hergestellt wurden. Überhaupt läfst sich die Formmaschine viel vollkommener für einen bestimmten Gegenstand anpassen und deshalb sind viele solche Specialmaschinen

[1]) Siehe Dinglers Pol. Journ. 1882, II, S. 183.
[2]) Daselbst S. 181.
[3]) Siehe Ledebur, Eisen- und Stahlgiefserei, 2. Aufl., S. 252, Fig. 124, 125.

Digitized by Google

erfunden worden. Die früher üblichen durchbrochenen Formplatten mit eingesetzten Modellstücken sind seit Mitte der achtziger Jahre allgemein durch die in Amerika gebräuchlichen Modellplatten verdrängt worden.

1886 führte die Pneumatic Compagny zu Indianopolis, U. S., die Prefsluft zum Festdrücken des Formsandes mit Hülfe eines elastischen Gummikissens ein, doch war das Verfahren zu kostspielig.

Gebr. Körting nahmen 1899 ein Patent auf eine Walzenpresse zur Herstellung von Sandformen [D. R. P. Nr. 106 925[1])].

Albert Piat in Paris benutzte in demselben Jahre zuerst die hydraulische Presse zur Herstellung von Gufsformen (D. R. P. Nr. 34 592). Seitdem haben die hydraulisch betriebenen Formmaschinen eine zunehmende Verbreitung gefunden. Sie sind billig und leicht zu bedienen und gestatten viel höheren Druck als die mit Handbetrieb.

Von den zahllosen Specialmaschinen nennen wir die Zahnradformmaschine von Heintzmann und Dreyer auf der Bochumer Eisenhütte 1886 und die von Rob. Schneider in Düsseldorf 1892; eine Riemenscheiben-Formmaschine von Anton & Söhne in Flensburg 1888; eine ebensolche von A. Wetzig (D. R. P. Nr. 73 731) 1893 und von Petzold & Co. in Inowrazlaw 1897; ferner eine Spiralformmaschine für Zahnräder, Riemenscheiben u. s. w. der Badischen Maschinenfabrik 1893 (D. R. P. Nr. 71 824).

Hydraulische Formmaschinen wurden konstruiert von Bopp & Reuther in Mannheim 1886, bald darauf von Oppenheim in Hainholz (D. R. P. Nr. 50 223), von F. G. Leeder in England 1889 (D. R. P. Nr. 50 223), mit doppelter Modellplatte[2]), von Sebold & Neff in Durlach und von M. R. Moore in Indianopolis 1890, von M. Dalifol in Paris 1891 (D. R. P. Nr. 64 628).

In den neunziger Jahren haben die hydraulischen Formmaschinen (Formpressen) immer mehr Anwendung gefunden und sind viele neue und verbesserte Konstruktionen patentiert worden[3]), so z. B. Mac Lellan und Alby in Palmadic 1890 (Engl. P. Nr. 14 885), der Badischen Maschinenfabrik (Sebold & Neff) in Durlach (D. R. P. Nr. 60 204) und F. Weber in Hannover (D. R. P. Nr. 60 769) 1891, Bopp & Reuther in Mannheim 1891 (D. R. P. Nr. 59 727), 1892 (D. R. P. Nr. 73 514) und 1898 (D. R. P. Nr. 102 223), Murray und Fairweather

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1900, S. 280.
[2]) Siehe Ledebur a. a. O., Fig. 135.
[3]) Siehe Stahl und Eisen 1895, S. 994; 1898, S. 70, 138.

Digitized by Google

Fig. 226.

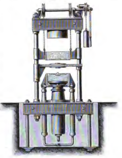
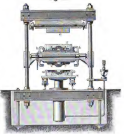


Fig. 227.



1894 (D. R. P. Nr. 82683), Wasseralfingen 1895 (D. R. P. Nr. 84541), S. Oppenheim in Hainholz (D. R. P. Nr. 82683), E. H. Mumford 1897[1]) u. s. w.

Man baut die Maschinen entweder mit feststehenden oder mit drehbaren Formkasten. Fig. 226 zeigt eine Formmaschine der ersten, Fig. 227 eine solche der zweiten Art, beide nach Konstruktionen von Bopp & Reuther. In erster Linie hat der Wasserdruck das Pressen des Formsandes gegen das Modell an Stelle des Einstampfens zu besorgen, sodann aber auch vielfach das Ausheben des Modells. Bei den Maschinen, die nicht mit doppelter Modellplatte arbeiten, die also bei einer Presse nur eine Modellhälfte in einem Kasten formen [Fig. 228[2]) a. f. S.], geschieht dies in der Weise, dafs der Kasten festgehalten wird, und die Modellplatte mit dem Plunger sich senkt oder umgekehrt. Die Modellplatte steht entweder fest

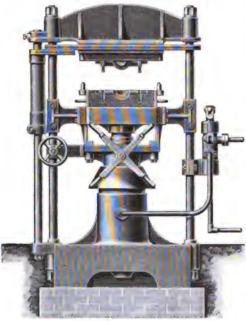
[1]) Mit Druckluftpresse; siehe Stahl und Eisen 1898, S. 467.

[2]) Formmaschine von F. Oppenheim in Hainholz, D. R. P. Nr. 82683 u 94382.

oder sie ist drehbar, oder seitlich ausfahrbar. Diese verschiedenen Kombinationen ergaben schon eine grofse Mannigfaltigkeit in der Gestaltung der Formmaschinen.

Mit den Modellformmaschinen kamen auch Kernformmaschinen in Aufnahme. Für die Herstellung von Sandkernen hat F. Bollmann in Smichow bei Prag 1890 eine Kernformmaschine (D. R. P. Nr. 57 699) erfunden. Armenkernformmaschinen für Riemenscheiben u. s. w. wurden Williams (D. R. P. Nr. 76 138) und Oskar Müller (D. R. P. Nr. 78 773) 1894, eine Kernformmaschine für Hohlgufs J. Wertheim 1897 (D. R. P. Nr. 94 921) patentiert. Die Zahl der patentierten Kernformmaschinen ist grofs. Ebenso kamen mit den Formmaschinen die Stampfmaschinen in Gebrauch; beide waren öfter miteinander verbunden, wie schon bei der Formmaschine von Eames und Broadmeadow 1874, bei welcher der Sand mechanisch in die Form geprefst wurde. 1880 nahm E. de Simon in Düsseldorf ein Patent auf eine Stampfmaschine (D. R. P. Nr. 10 185), deren Antrieb wie bei einem Friktionshammer erfolgte. In demselben Jahr konstruierte R. Döhn in Siegburg seine Stampfmaschine für Sandformen, besonders für Geschosse[1]); die in einem Hebelgerüste seitlich bewegten Prefsstempel, die aber wie freifallende Stampfer wirkten, wurden durch Maschinenkraft bewegt. 1887 erhielt Math. Rob. Moore zu Indianopolis ein Patent (D. R. P. Nr. 42 009) auf eine Maschine mit unabhängig voneinander wirkenden Stampfern

Fig. 228.



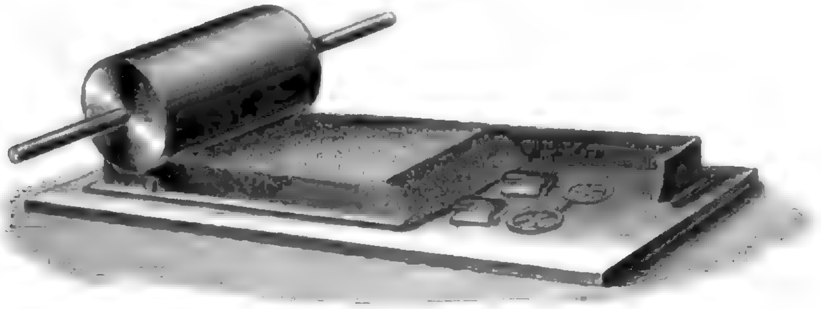
[1]) Siehe Ledebur, Eisen- und Stahlgiefserei, 2. Aufl., Fig. 126 bis 130.

Digitized by Google

zum Einstampfen des Sandes und 1888 auf eine verbesserte Maschine, bei welcher sich die dicht nebeneinander stehenden Stampfer unabhängig voneinander in einem gemeinschaftlichen Gehäuse bewegten. Krügers Stampfmaschine (D. R. P. Nr. 75058) mit auswechselbaren Stampfern war durch ein Schneckengetriebe für verschiedene Höhen verstellbar.

Hierher gehört auch die Benutzung von Walzen statt Stampfern zum Eindrücken des Formsandes, welche namentlich die Gebrüder Körting in Hannover 1885 beim Formen ihrer Heizkörper eingeführt haben (D. R. P. Nr. 29840[1]). Aus Skizze Fig. 229 ist das Prinzip des Verfahrens zu erkennen.

Fig. 229.



Durch die Verbindung von Form- und Stampfmaschinen mit geeigneter Fortbewegung der fertigen Formkasten zu den Trocken- und Schmelzöfen sind besonders da, wo Specialartikel gemacht werden, grofsartige Leistungen erzielt worden, wie z. B. auf den Werken von M. Godin zu Guise in Frankreich, wo durch Einführung der kontinuierlichen Maschinenformerei an Stelle der Handformerei im Jahre 1888 43 Arbeiter so viel leisteten wie früher 300. Das Formen geschah in drehbar in Zapfen aufgehängten Formkasten auf beweglichen Tischen mit hydraulischen Pressen.

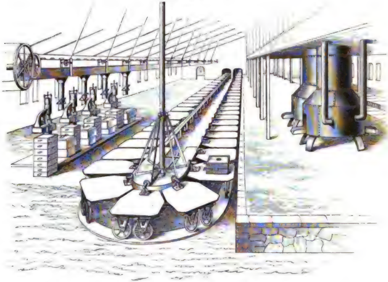
Noch grofsartiger war der automatische Giefsereibetrieb der Westinghouse-Luftbremsen-Gesellschaft[2]) zu Wilmerding bei Pittsburg 1890. Die Giefshalle ist 97,2 m lang und 47 m breit. Sie besteht aus drei Abteilungen, dem Giefsraum von 59 m Länge, dem zweistöckigen Putzraum und dem Sandraum. Das Formen wird auf einer Reihe von auf Rädern laufender Tische, Fig. 230 (a. f. S.), welche untereinander so verbunden sind, dafs sie eine endlose Kette bilden, vorgenommen. Auf der einen Aufsenseite werden die Formkasten durch hydraulische Maschinen fertiggestampft, alsdann auf einen der 158 Tische gesetzt und auf diesen den Stichlöchern der Kupolöfen gegenüber gebracht

[1]) Siehe Glasers Annalen XVI, S. 10.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1890, S. 605; 1898, S. 461.

Digitized by Google

und voll gegossen. Hierauf werden sie durch die endlose Tischkette nach dem Putzraum gebracht, woselbst die Gufsstücke in grofse Scheuertrommeln gelangen, während die leeren Formkasten wieder

Fig. 230.



zu den Formmaschinen zurückkehren. Diese Einrichtung setzt voraus, dafs bei jedem Gufs nur die gleichen oder sehr ähnliche Modelle zum Abgufs gelangen.

J. D. Hibbard hat 1893 ein ringförmiges, um eine vertikale Achse drehbares Gestell, das in ähnlicher Weise zum Kastentransport dient, konstruiert. Ein Kasten nach dem anderen wird voll gegossen, alsdann nach dem Erkalten der Kasten in dem Gestell umgedreht, so dafs der ganze Inhalt Gufsstücke und Formsand herausfallen.

Eine von E. Ramsay (V. St.) erfundene Vorrichtung zum Eingiefsen des Metalls bei endlosen Giefstischen (D. R. P. Nr. 117 053) ist Fig. 231 abgebildet. Die Verteilungstrommel *M* fafst immer so viel Eisen, als dem Gufsstück entspricht.

Für diese Art des kontinuierlichen Giefsens hat Arthur Walker (New York) neuerdings Giefshülfsmaschinen, die alle mechanischen Arbeiten, wie Öffnen des Schmelzofens, Drehen des Formträgers etc., bethätigen, erfunden (D. R. P. Nr. 115 603 [1]).

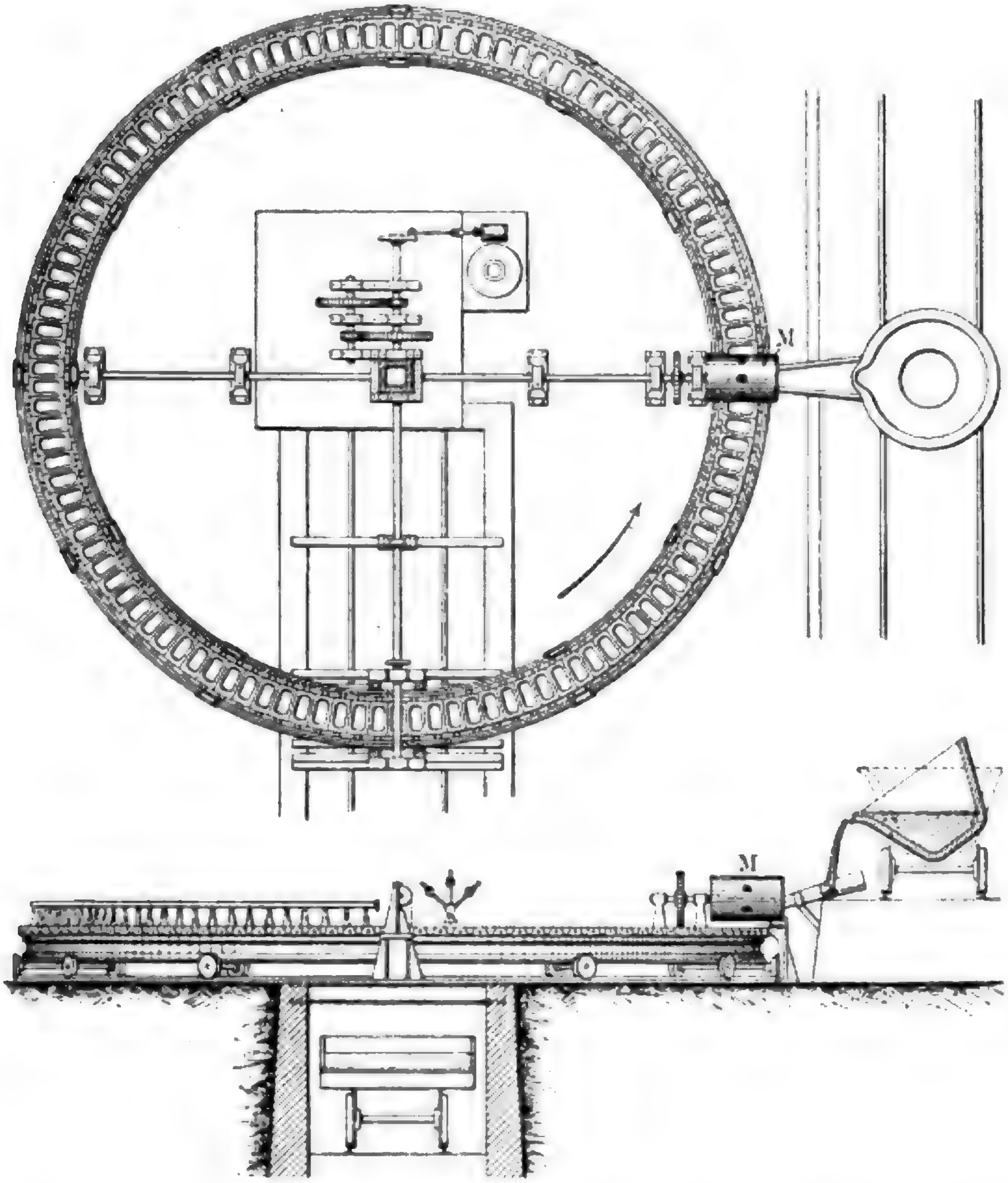
[1]) Siehe Eisenzeitung 1900, Nr. 52, S. 833.

Digitized by Google

Der Formsand wird den Formmaschinen von oben durch Trichter und Schläuche zugeführt.

Das Trocknen der Kerne oder Formen geschieht meistens in Trockenkammern mit direkter Heizung. Seltener wendet man Trocken-

Fig. 231.



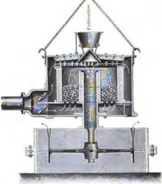
öfen mit Röhrenheizung an, wie z. B. die von A. Cramer in Königin-Marienhütte bei Zwickau erbauten[1]). Oft ist es aber auch notwendig oder zweckmäfsiger, die Formen an Ort und Stelle, wo sie hergestellt worden sind, zu trocknen, wie z. B. bei der Röhrenformerei. Statt des unvollkommenen Verfahrens mit offenem Kohlenfeuer, Kokskörben etc. hat man fahrbare Öfen, deren Verbrennungsgase durch die betreffenden

[1]) Siehe Ledebur, Handbuch der Eisen- u. Stahlgiefserei, S. 164, Fig. 56, 57.

Digitized by Google

Formen geleitet werden, konstruiert. Diese werden öfter mit künstlichem Wind betrieben, wie der 1887 von Briegleb, Hansen & Co. in Gotha eingeführte und der 1889 der Wilhelmshütte zu Waldenburg patentierte (D. R. P. Nr. 51214[1]), Fig. 232.

Fig. 232.



H. L. Robert in Stenay erhitzt die Gufsformen im Innern (1886) durch Gas mit lötrohrähnlichen Brennern.

Um dichten Gufs zu erhalten, führte Whitworth 1874 das Giefsen unter Druck ein, während Stoudly und Drummond in Belgien in demselben Jahre das Luftleerpumpen der Gufsformen vor dem Giefsen empfahlen. N. Slawianoff erhielt 1890 ein Patent auf Herstellung dichter Güsse durch Elektricität. Dies wird bewirkt durch die Verzögerung der Abkühlung infolge Erwärmung durch den elektrischen Strom.

[1]) Siehe Ledebur a. a. O., S. 168, Fig. 60.

Digitized by Google

Die mechanische Reinigung des geschmolzenen Eisens von Schlacke geschieht in der Regel in der Giefspfanne. Als Ersatz für das Abstreichen durch einen Arbeiter hat man Bleche angebracht, welche in das flüssige Eisen eintauchen, und die obenaufschwimmende Schlacke zurückhalten. Eine solche Giefspfanne ist z. B. 1888 von Goodwin und Howe[1]) angegeben worden. In Deutschland wurde Poetter in Dortmund eine solche patentiert. Statt dessen hat man auch Vorschläge gemacht, zwischen Eingufs und Form einen Reinigungsapparat anzubringen. Einen solchen tragbaren Gufseinlauf empfahl Robert Schneider in Düsseldorf 1886, und J. Gallas in Frankfurt liefs sich 1888 einen „Schäumapparat" patentieren (D. R. P. Nr. 43347). Jak. Frank in Barmen benutzt hierfür (1893) ein Kesselchen mit Schwimmer (D. R. P. Nr. 67350). 1894 erfand van Riet einen künstlichen Eingufs und die Gebrüder Müller (D. R. P. Nr. 80921) für denselben Zweck einen drehbaren Einlauf. Einen guten Giefstrichter mit Zufuhr hat Treuheit in Düsseldorf[2]) eingeführt.

E. Servais und H. Lezias schlugen 1886 eine viel weiter gehende Reinigung des Eisens in der Pfanne vor, indem sie wie beim Bessemern einen geprefsten Windstrahl durch ein Rohr in das flüssige Metall einführten.

Der Centrifugalgufs, welcher schon früher bekannt war, ist 1888 von Manassah Gledhill in Manchester und von Whitworth & Co., 1890 von William Ambler in Bradford und 1892 von J. L. Sebenins angewendet und verbessert worden. Für die Erzeugung von Hohlkörpern durch Centrifugalgufs hat Walz 1894 einen Apparat (D. R. P. Nr. 72478) erfunden, desgleichen Alexander einen für Massenartikel (D. R. P. Nr. 77768). Das von P. Huth in Gelsenkirchen 1894 erfundene Centrifugalgufsverfahren[3]) (D. R. P. Nr. 78532) hat den Zweck, hartes und weiches Metall in getrennten Lagen in der Form zur Ablagerung zu bringen. Es bezieht sich dies auf Stahlgufs.

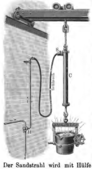
Die Fortschritte der Hebekräne gehören in die Geschichte des Maschinenbaues, doch darf nicht unerwähnt bleiben, dafs man seit mehreren Jahren mit grofsem Nutzen elektrische Kräne in Giefsereien immer allgemeiner verwendet; anfangs nur leichte Drehkräne, wie z. B. die von E. Becker in Berlin, später aber Laufkräne von bedeutender Tragkraft; so befinden sich z. B. in der neuen Giefserei von

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1888, S. 123, mit Abbildung.
[2]) A. a. O. 1900, S. 1043.
[3]) Siehe Stahl und Eisen 1895, S. 285.

Digitized by Google

A. Borsig in Tegel elektrisch betriebene Laufkräne von 25 Tonnen Tragkraft, in dem Gußstahlwerk in Döhlen einer von 40 Tonnen Tragkraft.

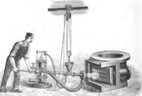
Fig. 233.



Eine einfache hydraulische Hebvorrichtung, Fig. 233, die auch für Gießereien sich eignet, haben Klein, Schanzlin und Becker in Frankenthal erfunden.

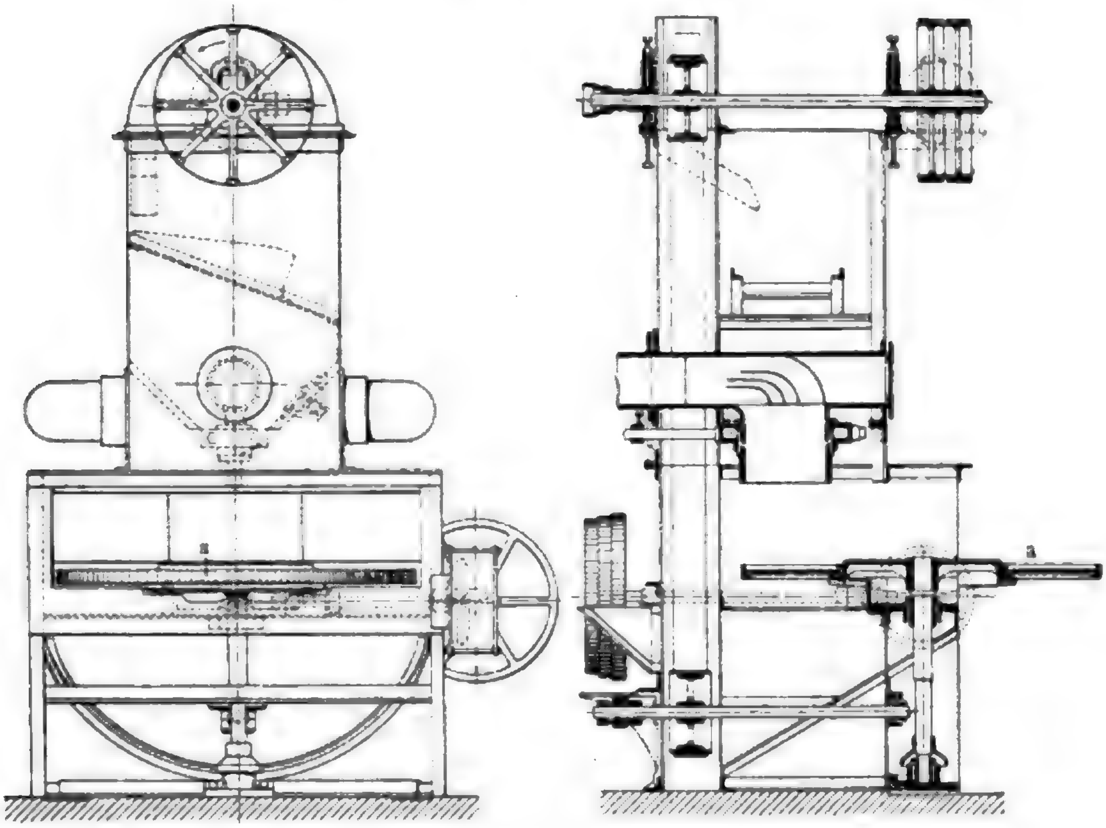
Für das Putzen des Gusses ist die Einführung des Sandstrahlgebläses als Putzmaschine eine wichtige Neuerung. Am 11. Oktober 1870 nahm der Amerikaner R. E. Tilghman zu Philadelphia ein Patent für die Bearbeitung harter Substanzen mittels Sandstrahlen. Das Verfahren fand zuerst in der Glasfabrikation Anwendung, dann zum Blankputzen eiserner Gegenstände zur Verzinnung (1871/73), zum Putzen und Schärfen von Feilen und endlich auch zum Putzen des Eisengusses. Die Ausführung war je nach den zu putzenden Gegenständen eine sehr mannigfaltige. Der Sandstrahl wird mit Hülfe eines Ventilators in ähnlicher Weise erzeugt wie der Wasserstrahl bei dem Injektor, doch wendet man zum Putzen größerer Gegenstände auch Dampf-Sandstrahlgebläse an,

Fig. 234.



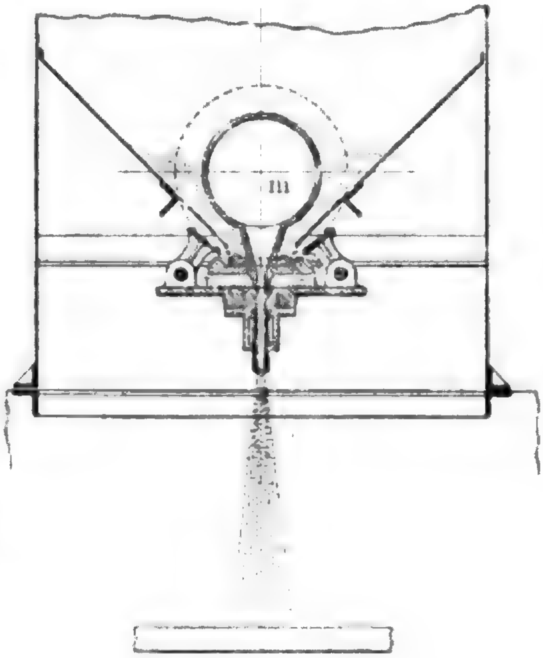
wie Fig. 234 ein solches zeigt[1]). Flache Handelsgufswaren werden mit Wind-Sandstrahlen auf einem Drehtisch in einem geschlossenen

Fig. 235.



Apparat geputzt. Fig. 235 zeigt einen solchen von Alfred Gutmann in Ottensen. *a* ist der Drehtisch, Fig. 236 zeigt die Sandstrahldüse. Eine möglichst gleichmäfsige Verteilung der Sandstrahlen ist wesentlich. Die Gufswaren werden aufserhalb des Apparates auf den Drehtisch gelegt und gelangen dann in das verschlossene Innere desselben, wo die Sandstrahlen auf sie wirken, um nach einiger Zeit auf der anderen Seite fertig geputzt herauszukommen. Das Putzen geschieht ganz gleichmäfsig bei hoch und tief gelegenen Stellen, eignet sich deshalb z. B. sehr für verzierten Ofengufs. Reicht die Wirkung des Windes nicht aus, so wendet man Dampf an, wie in der Regel für Stahlgufs.

Fig. 236.



[1]) Siehe Ledebur, Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing. 1899, XXXXIII, S. 10

Sandstrahlmaschinen wurden in Deutschland im Jahre 1880 von K. und Th. Moller in Kupferhammer bei Brackwede, dann von Alfred Gutmann zu Ottensen-Hamburg gebaut. Für eine verbesserte Gußputzmaschine erhielt H. Röchling 1897 ein Patent (D. R. P. Nr. 99 677). A. Gutmann nahm 1899 ein neues Patent (D. R. P. Nr. 109 648) auf eine Sandstrahl-Gußputzmaschine mit rotierender Putztrommel.

Statt des Wind- oder Dampfstrahls dient bei einer von der Badischen Maschinenfabrik 1893 erbauten Gußputzmaschine (D. R. P. Nr. 71 824) ein schnell umlaufendes Zellenrad, das den Putzsand gegen die Gußstücke schleudert.

Als Ersatz des Handmeißels für das Gußputzen hat James MacCoy in Brooklyn einen durch Druckluft betriebenen Meißel, Fig. 237, der sehr rasche kurze Stöße ausführt, erfunden. Mc. Ewan Roß in Glasgow hat 1894 ein ähnliches Werkzeug konstruiert. Selbsttätige Putzmeißel sind in Amerika jetzt allgemein in Gebrauch.

Fig. 237.

Betrachten wir nun noch die Herstellung besonderer Gußsorten, so hat sich besonders die Röhrengießerei in diesem Zeitraum zu einer immer mehr entwickelten wichtigen Specialität ausgebildet. Wir können die Fortschritte derselben nur kurz andeuten.

1873 empfahl Cramer zu Königin-Marienhütte das Trocknen der Formen durch die Gase eines Generators mit gegenwärtigem Brennmaterial, weil die Trocknung mit heißem Winde zu kostspielig war. Er ließ die Verbrennungsgase durch einen unter den hängenden Kernen herführenden Kanal, der oben verschließbare Löcher oder düsenartige Ansätze hat, die nach Bedürfnis geöffnet werden, streichen. Um die Röhren, welche stehend gegossen wurden, auch stehend mit geringen Kosten einzuformen, ersetzte er das lange Modell durch ein Modellteilstück, welches durch eine Schraube mit dem fortschreitenden Einstampfen in die Höhe gezogen wurde, wie es Fig. 238 zeigt. Röhrenform- und Stampfmaschinen wurden verschiedene um diese

Digitized by Google

Zeit erfunden, doch bewährte sich das Einstampfen mit der Hand unter Benutzung von Ganz- und Teilmodellen, wie es namentlich von Haldy zu Pont-à-Mousson (1873) vervollkommnet worden war, am besten.

Das 1881/82 von W. Kudlicz in Böhmen erfundene Formverfahren bezweckt besonders eine Ersparnis an Formkasten. Die Gußform wird aus einzelnen ringförmigen Stücken, die mit Hülfe von Formmaschinen in Abschlagkasten hergestellt werden, zusammengebaut. Ein Gießkasten kann täglich 15- bis 20mal gefüllt werden und dieselben Arbeiter machen drei- bis viermal so viel wie früher[1]).

Fig. 238.

Jos. Wisley in Leeds erfand 1882 rotierende Gußformen zur Herstellung weiter Röhren. Centrifugal-Gießmaschinen für Muffen und Flanschenröhren wurden 1886 von Büldge, Hildebrandt und Quatram in Berlin angegeben.

Über die Röhrenfabrikation der Königlichen Eisengießerei zu Gleiwitz findet sich ein Aufsatz von Jüngst und Deppe in der Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preußischen Staate XXXIV, S. 111. Ein Akkumulator dient dort zum Betriebe eines hydraulischen Aufzuges und der Röhrenpresse.

Röhrenformmaschinen wurden konstruiert von J. M. Zaski in Hamburg 1886, von Marcel Miller in Naise-aux-Forges bei Ligny, Dep. Moselle, 1887.

John Aug. Brinell in Westenfors goß 1887 die Röhren massiv, ohne Kern, und ließ das Innere auslaufen, wodurch das Hohlrohr entstand.

Von Röhrenstampfmaschinen erwähnen wir noch die von Jul. Rimer in Düsseldorf von 1893 (D. R. P. Nr. 71 830) mit verstellbaren Stampfern und die von Sheperd & Leigh (D. R. P. Nr. 77 640) mit absatzweisem Eintragen des Sandes. Eine neue Stampfmaschine für Rohrformen wurde Hugo Sack patentiert (D. R. P. Nr. 113 395[2]).

Eine große Bedeutung und Verwendung hat auch der Hartguß

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1888, S. 307.
[2]) Daselbst 1901, S. 80.

Digitized by Google

in dieser Zeit erlangt. Die vorzüglichen Leistungen der Amerikaner im Gufs von Hartgufsrädern haben wir schon früher hervorgehoben. Diese werden in den Vereinigten Staaten nicht nur für Eisenbahn-Güterwagen, sondern auch für Personenwagen und selbst für Lokomotiven verwendet. Die 1847 gegründete Rädergiefserei von A. Whitney & Sons in Philadelphia verschmolz 1875 täglich 30 bis 40 Tonnen Roheisen, was der Produktion von 12 bis 16 kleinerer Holzkohlenhochöfen gleichkam. Man verwendete nur bestes Holzkohlenroheisen aus Alabama, doch setzte man damals 5 bis 10 Prozent Anthrazitroheisen zu. Aufser dem Material ist die Abkühlung besonders wichtig. Diese wird in cylindrischen Kühlöfen vorgenommen. Die noch heifsen Räder werden in den glühenden Ofen eingesetzt, dann wird noch zwei bis drei Stunden gefeuert und hierauf der Ofen mit den Rädern zwei bis drei Tage abkühlen lassen. Die Räder werden durch die Schlagprobe geprüft, besonders wird die Nabe mit schweren Hämmern geschlagen; dann erst werden sie ausgebohrt. Die Räder laufen meist 32000 bis 60000 englische Meilen und mehr. 1886 führte Wilh. Sellers in Philadelphia verbesserte Metallformen, deren Wände ein ungehindertes Schwinden des Metalls gestatteten, ein. Zahlreiche andere Verbesserungen wurden in den folgenden Jahren in Amerika patentiert[1]). Von diesen ist die von J. M. Barr in Milwaukee 1890 erfundene bewegliche Gufsform mit Ringkanal, durch den während des Giefsens Dampf, nach dem Giefsen kaltes Wasser geleitet wird, zu erwähnen, weil sie in den neunziger Jahren vielfache Anwendung gefunden hat.

In Deutschland hat sich besonders Gruson in Buckau-Magdeburg auf den Gufs von Hartgufsrädern verlegt und in den zehn Jahren von 1881 bis 1890 390000 Stück nach 700 Modellen gegossen. In Amerika hat jetzt die Pulman-Gesellschaft in Milwaukee die gröfste Produktion. Für Hartgufszahnräder erhielt J. R. Weeldon in Wolverhampton ein Patent. Gebr. Glöckner zu Tschirndorf in Österreich erzeugten Ende der siebziger Jahre einen blasenfreien Hartgufs dadurch, dafs sie erst Roheisen im Frischfeuer oder Puddelofen einschmolzen und dieses gefeinte Roheisen dann im Kupolofen aufgaben. Benj. Davis Martin gofs 1888 Hartgufswalzen in der Weise, dafs er erst eine Walze von kleinerem Durchmesser anfertigte, diese dann erwärmt in die Walzenform einsetzte und Eisen um dieselbe gofs. Die Härtung ging hierbei von innen nach aufsen vor

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1891, S. 1018; 1895, S. 1050.

Digitized by Google

sich. Chr. Totten stellte 1889 Hartgufswalzen von grofser Festigkeit dadurch dar, dafs er dieselben aus Gufseisen in einer Kokille gofs, alsdann aber den gufseisernen Kern durch Nachgiefsen von Flufseisen verdrängte. In Amerika liefert A. Garrison in Pittsburg vorzügliche Hartwalzen [1]).

Hermann Gruson erwarb sich grofse Verdienste um den Hartgufs. Anfangs gofs er nur Walzen, Ambosse, Pochschuhe und Räder, dann auch Geschosse und hierauf endlich seine berühmten Hartgufspanzerplatten. Durch diese führte er eine ganz neue Verwendung des Hartgusses in die Praxis ein und bildete sie zu solcher Vollkommenheit aus, dafs seine Leistungen bis jetzt unerreicht dastehen. Aus diesem Grunde hat auch die Firma Friedrich Krupp das grofsartige Werk erworben, und hierin liegt die gröfste Anerkennung für Grusons erfolgreiche Bestrebungen für die Vervollkommnung des Hartgusses. Auf Einzelheiten einzugehen ist hier nicht möglich. Die ersten erfolgreichen Versuche fanden 1869 auf dem Tegeler Schiefsplatz bei Berlin statt, wo Gruson eine Giefserei nur für diese einmalige Verwendung erbaut hatte. Nachdem die Hartgufspanzer ihre Widerstandsfähigkeit erwiesen hatten, hat Gruson, wie bekannt, besonders unter Mithülfe des genialen Majors Schumann, ein System der Landesverteidigung mit drehbaren und versenkbaren Hartgufspanzertürmen erfunden, welches epochemachend war und bleiben wird. Hierbei kamen Hartgufsstücke in Frage, wie man sie früher nicht gekannt hatte. Die riesigen Panzer von 1100 mm Dicke, die Schartenplatten der 1883 für Italien bestellten Türme von 1600 mm waren nicht nur ganz ungewöhnlich schwere Gufsstücke, sondern es bot auch die gleichmäfsige Oberflächenhärtung so gewaltiger Massen Schwierigkeiten, die bis dahin unbekannt waren. Hierzu verwendete man eiserne Kokillen. Die Modelle zu den Panzern, wie zu den Kokillen wurden erst aus Holzgerüsten und Gipsgufs hergestellt. Diese wurden dann in Gufseisen abgegossen. In England zog man dicke Kokillen aus Graugufs oder schwachhalbiertem Roheisen vor, in Deutschland und Frankreich dünnere Kokillen aus stark halbiertem Roheisen. Für den Hartgufs verwendete Gruson nur Holzkohlenroheisen und zwar bezog er dies früher von Schmalkalden (Bleymüller) und aus Nassau (Buderus), nachdem aber die Holzkohlenhochöfen dort eingegangen waren, aus Schweden. Ein halbiertes Eisen ist am geeignetsten für Hartgufs. Um aber von den Zufällig-

[1]) Das Verfahren ist beschrieben in Stahl und Eisen 1892, S. 781.

Digitized by Google

keiten des Hochofenbetriebes unabhängig zu sein, mischte er graues und weifses Roheisen und schmolz dasselbe in Kupolöfen um. Für den Gufs der Panzerplatten benutzte er Sammelbassins, aus denen er es in die in grofsen Dammgruben eingebauten Formen abstach. Die chemische Zusammensetzung von gutem Hartgufs schwankt in engen Grenzen und zwar beträgt nach Ledebur[1]):

der Kohlenstoffgehalt	2,5	bis	3,8	Prozent
„ Siliciumgehalt	0,7	„	0,8	„
„ Mangangehalt	0,2	„	0,5	„

Unter Stahlgufs wird zwar in Preufsen nach einem Erlafs des Arbeitsministers vom 29. Januar 1889 der Gufs verstanden, der aus Roheisen unter Zusatz von Stahlabfällen erzeugt ist, dessen Substanz also kein Stahl, sondern ein durch geringen Kohlenstoffgehalt hartes Eisen ist; in der Praxis versteht man aber darunter alle aus Stahl gegossenen Waren, sowohl Tiegelstahl- als Flufsstahlwaren. Über diese wie über den Mitisgufs werden wir später berichten.

Hier wollen wir dagegen noch über die Fortschritte des schmiedbaren Gusses sprechen, da dieser in der Regel aus Roheisen gegossen wird und erst durch eine Nachbehandlung in seinem Stoff verändert wird. Die Herstellung desselben hatte auch auf dem europäischen Kontinent eine grofse Ausdehnung gewonnen und bedeutende Verbesserungen erfahren. Von dem Aberglauben, dafs sich nur das Cumberlander Hämatitroheisen für schmiedbares Eisen eigne, war man schon vor den siebziger Jahren abgekommen. Doch verlangte Brüll noch von dem zu verwendenden Roheisen eine Neigung, Stahl zu bilden (propension aciéreuse). Mallet behauptete, jedes weifse Roheisen, auch das gefeinte, sei dafür geeignet. Letzteres ist aber doch nicht der Fall, weil es dickflüssig ist und sich schlecht vergiefsen läfst. Die erstere Behauptung geht aber ebenfalls zu weit, indem nur weifse Roheisensorten von einer gewissen chemischen Mischung verwendbar sind; vor allem dürfen dieselben nur eine geringe Beimengung von Mangan — nach Ledebur nicht über 0,40 Prozent — enthalten, weil dieses die Entkohlung durch Glühen sehr erschwert. Über den chemischen Vorgang beim Aducieren ist durch die Untersuchungen des Amerikaners Davenport[2]) im Jahre 1871 Licht verbreitet worden. Er fand folgende Veränderungen:

[1]) Siehe Ledebur, Handbuch etc., S. 356; Stahl und Eisen 1891, S. 733.
[2]) Siehe Mechanics Magazine 1872, S. 392.

Digitized by Google

	Vor dem Glühen	Nach dem ersten Glühen	Nach dem zweiten Glühen
Kohlenstoff	3,44	1,51	0,10
Silicium	0,44	0,44	0,45
Phosphor	0,31	0,32	0,31
Schwefel	0,059	0,067	0,083
Mangan	0,53	0,58	0,52

Um jene Zeit kam auch das Umschmelzen von Roheisen und Stahlabfällen in Kupolöfen und die Herstellung gröfserer Stücke in Aufnahme, besonders in Amerika und Belgien, wo man dieses Produkt als Tempergufs bezeichnete. In den Vereinigten Staaten von Amerika wurde 1875 ein Tempern mit Wassergas, „das Andrewsverfahren“[1]), eingeführt, doch nur vorübergehend. 1877 schmolz man daselbst für schmiedbaren Gufs weifses oder lichtgraues Holzkohlenroheisen, welches aus reinen Erzen bei basischer Beschickung mit kaltem Winde erblasen war, im Kupolofen um. Die Formen wurden mit Formmaschinen von Jobson, Eames oder mit der einfachen Maschine von C. F. Hammer, die nur aus einer durch ein Hebelwerk bewegten Formplatte, welche in den Sand gedrückt wurde, bestand, hergestellt. Als Entkohlungsmittel dienten Roheisenstein oder durch Glühen in Oxydoxydul verwandelte Drehspäne, oder durch Begiefsen mit Salmiak zum Rosten gebrachter Hammerschlag und Walzensinter. Auburn & Co. in New York stellten 1876 aufser Sensen, Gabeln, Rechen besonders Teile von landwirtschaftlichen Maschinen aus so bereitetem schmiedbaren Gusse her.

Dalifol in Paris und Fischer in Schaffhausen machten 1878 schmiedbaren Gufs aus Stahlgufs, der in Eisenoxyd geglüht wurde.

1881 stellte auch L. Forquignon[2]), durch Cailletet veranlafst, genaue Untersuchungen über die Umwandlung des Eisens beim Aducieren an und kam zu dem Schlufs, dafs die Oxydation eines Teils des Kohlenstoffs dabei nur nebensächlich sei, dafs vielmehr die Umwandlung darin bestehe, dafs das weifse Eisen in der Glühhitze wenig unter seinem Schmelzpunkt in Graphit und kohlenstoffarmes, weiches Eisen zerfalle. Diese Erscheinung tritt auch nicht nur beim Glühen im Eisenoxyd, sondern auch beim Glühen in Sand, Kalk, Knochenkohle, Feilspäne, ja selbst im Stickstoff- oder Wasserstoffstrome ein.

Was die Verbesserungen in der Ausführung des Prozesses betrifft,

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 369.

[2]) Siehe Annales de chimie et de physique, V. sér., T. XXIII, p. 433.

Digitized by Google

so beziehen sich diese zumeist auf die Schmelz- und Glühöfen. Siemens hatte letztere schon vor 1870 mit Regeneratoren verbunden. Mallet schlug solche auch für die Schmelzöfen vor. Francis in Birmingham baute seine Schmelzöfen als geteilte Muffel mit zwei Einsatzthüren. Dadurch konnte er einen kontinuierlichen Betrieb erzielen, wobei jedoch bei jedem Giefsen eine starke Abkühlung eintrat.

C. Nehse baute 1879 zu Traisen einen Temperofen mit zwölf Kammern, ähnlich einem Ringofen, und betrieb ihn mit Gas. Die Anordnung in Kammern hatte übrigens Wedding schon 17 Jahre früher vorgeschlagen.

Rott[1]) veröffentlichte 1881 die Zeichnung eines einfachen Ofens mit Glühtöpfen; ein ähnlicher, aber vollkommenerer von Querfurth wurde auf dem Eisenwerk Schönheiderhammer im Erzgebirge mit Erfolg betrieben[2]). Für gröbere aus dem Kupolofen gegossene Gufswaren wendete man keine Glühtöpfe oder Kasten an, sondern Kistenöfen, wie bei der Cementstahlfabrikation und wie sie Reaumur schon 1721 vorgeschagen hatte[3]).

Einen beschleunigten Temperprozefs erreichte Carl Rott in Nürnberg dadurch, dafs er die Gufsstücke in einem breiartigen Gemisch von Roteisensteinpulver und etwas Kalk eintaucht. Die so inkrustierten Gufsstücke werden in dünnwandigen Glühkasten in kammerartig geteilten Temperöfen erhitzt[4]).

Karl Edler von Querfurth zu Schönheiderhammer (Sachsen) temperte schon zuvor in ähnlicher Weise ohne Glühgefäfse, indem er die aufgetragene Tempermasse mit einer Schicht Lehm, Kalk etc. deckte (D. R. P. Nr. 74 367 vom 11. Mai 1893).

Über die Festigkeit des schmiedbaren Gusses hat Palmer Ricketts eingehende Versuche angestellt, wonach die Zugfestigkeit zwischen 18,7 und 31 kg auf 1 qmm, die Längenausdehnung bis zum Bruch von 1,1 bis 7,6 Prozent schwankten.

Zum Schlufs sei noch auf das neue Verfahren des Flickens und Anschweifsens schadhafter Gufsstücke durch das aluminothermische Verfahren von Dr. Hans Goldschmidt[5]) hingewiesen.

---

[1]) Rott, Darstellung des schmiedbaren Gusses und Tempergusses. D. R. P. Nr. 81 193.

[2]) Siehe Ledebur, Handbuch der Eisen- und Stahlgiefserei, S. 369.

[3]) Siehe Ledebur a. a. O., S. 370.

[4]) Stahl und Eisen 1895, S. 512.

[5]) Daselbst 1901, S. 23.

Digitized by Google

Die direkte Eisengewinnung.

Die unmittelbare Gewinnung des schmiedbaren Eisens aus den Erzen hat auch in dieser Periode nicht aufgehört eine Rolle zu spielen und hat zu vielen Versuchen und Erfindungen Veranlassung gegeben. Dafs die älteste und einfachste Methode der Eisengewinnung in Herden bei vielen Naturvölkern Afrikas und Asiens noch in Anwendung steht, haben zahlreiche Reiseberichte bestätigt; auffallender ist es, dafs dieses Verfahren wenigstens im Jahre 1880 noch eine festbegründete Industrie in den Staaten New York und New Jersey der Vereinigten Staaten von Nordamerika bildete. Hierüber hat T. Egleston, Professor am Columbia College, eine ausführliche Beschreibung, der wir die nachfolgenden Notizen entnehmen, veröffentlicht[1]). Obgleich man diese Rennwerke mit verschiedenen Namen als Jerseyschmiede, Champlainschmiede, Katalanschmiede, Luppenschmiede oder einfach als Schmiedefeuer bezeichnet, so ist es doch nichts anderes als das alte deutsche Luppenfeuer, wenn auch in modernisiertem Gewande. Man erzeugt darin aus guten Erzen ein reines, namentlich von Phosphor fast freies Eisen.

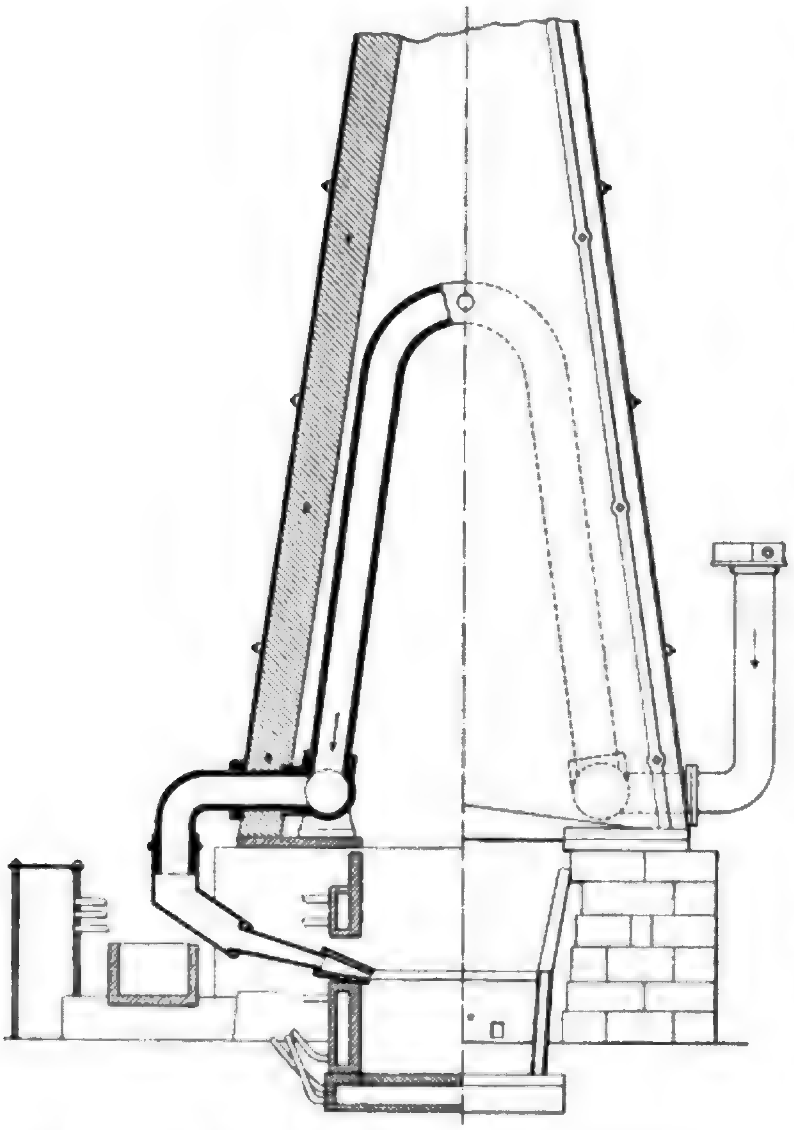
In New Jersey und New York verschmilzt man in der Regel reiche, reine Erze, die man, um sie möglichst von beigemengter Gangart zu befreien, röstet, zerkleinert und aufbereitet, so dafs das Erz in Körnergröfse aufgegeben wird. Zu Crown Point werden die reichen Erze im Hochofen, die armen, aber reinen Erze in Luppenfeuern verschmolzen. Diese armen Erze enthalten nur 40 Prozent magnetisches Oxyd. Das Rösten geschieht in Stadeln mit Holzfeuer; das Schmelzen mit Holzkohlen, wobei man Ofenkohlen (kiln coal) den Meilerkohlen vorzieht. Das Luppenfeuer ist mit Gufseisenzacken von 2 bis 3 Zoll Dicke zugestellt, welche in der Windrichtung 27 bis 36 Zoll, senkrecht dazu 24 bis 30 Zoll lang sind. Man bläst durch eine in der Mitte der Formplatte befindliche Form, die 14 Grad in den Herd geneigt ist. Der Wind wird in drei bis fünf Calder- oder Hosenröhren über dem Luppenfeuer auf 600 bis 800° F. erhitzt. Fig. 239 (a. f. S.) zeigt ein solches Drei-Röhren-Feuer von Saranac, New York, welches wassergekühlte Boden- und Seitenplatten hat. Die Crown Point-Werke zu Ironville haben Vier-Röhren-Feuer. Die einfachen Gebläse

[1]) T. Egleston, The Bloomary Process for making iron direct from the ore, 1880.

Digitized by Google

(Kingsland bellows) bestehen aus drei horizontalen oscillierenden Cylindern von 60 Zoll Durchmesser und 60 Zoll Hub, die elf Touren in der Minute machen und von Wasserrädern bewegt werden. Die ganzen Kosten eines Luppenfeuers betragen 550 bis 600 Dollars. Durchschnittlich schmilzt man alle drei Stunden eine Luppe von 300 bis 400 Pfund. Die Erze werden mit der Schaufel, die Kohlen in Körben aufgegeben. Die Luppe wird unter einem Stirnhammer gezängt in vier Blöcke (billets) von 70 bis 80 Pfund Gewicht geteilt, diese dann gestreckt und geglättet. Ein eiserner Stirnhammer kann vier bis sechs Feuer bedienen, ein hölzerner nur drei. In der zwölfstündigen Schicht von Mittag bis Mitternacht werden ca. 2600 Pfund Luppen oder etwa 1 Tonne Stabeisen gemacht, wobei auf die Tonne 300 bis 350 Büschel Holzkohlen verbrannt werden. Das erzeugte Eisen ist sehr rein und von hervorragender Güte; es wird dem schwedischen Stabeisen gleich geschätzt. Dadurch hauptsächlich hat sich der Prozeſs in jenen Gegenden erhalten, doch glaubt Egleston nicht, daſs er nach der Einführung des Thomasverfahrens noch lange werde bestehen können, da er in jeder Beziehung, namentlich durch die hohen Kosten des Brennmaterials und den groſsen Eisenverlust, unökonomisch sei; jetzt schon (1880) sei seine Bedeutung nur eine lokale und er würde erhalten teils aus Gewohnheit, teils wegen des guten, phosphorfreien Produktes. Das erzeugte Eisen werde

Fig. 239.



vielfach zu Nägeln und groben Ackergeräten verarbeitet, sei aber am meisten zum Umschmelzen in Tiegeln oder im Martinofen geeignet.

1882 gab es in den Vereinigten Staaten noch 68 Katalanwerke, die 48354 Tonnen Eisen erzeugten. Übrigens waren nach Swank auch auf der Insel Corsica Ende der achtziger Jahre noch zehn Rennfeuer (Corsicanschmieden, s. Bd. III, S. 654) im Betriebe.

Auch die zweite uralte Form der direkten Schmiedeeisengewinnung, die in Stücköfen, hat sich nicht nur bei uncivilisierten aufsereuropäischen Völkern, sondern auch noch in einigen Gegenden Europas, wie in Finnland, Ungarn, Siebenbürgen, Bosnien und der Türkei bis in die neueste Zeit erhalten.

Über Stücköfen, welche 1880 noch in Ungarn betrieben wurden, berichtet A. Kerpely (Eisenhüttenwesen in Ungarn und Siebenbürgen). Er beschreibt einen zu Toroczko im Tordaer-Komitat, welcher 9 Fufs hoch, 20 bis 24 Zoll im Gestell und 12 Zoll in der Gicht weit war. Der mit Schieferplatten ausgekleidete Schachtofen wurde bei offener Brust mit Holzkohlen gefüllt, diese von unten entzündet und, wenn die Hitze bis zur Gicht durchgedrungen war, Erz aufgegeben. In zehn Stunden wurden etwa 14 Centner Erz mit der Schaufel eingeworfen. Dann wurde die mit Latten zugemachte Brust aufgebrochen und das $2\frac{1}{2}$ bis 3 Centner schwere Stück herausgeschafft. Mit unsäglicher Mühe wurde es mit Hacken in zwei Richtungen gespalten und mit Hülfe von Keilen vollends zerteilt. Die zerteilten Stücke wurden von den Schmelzern, welche durchweg Zigeuner waren, in einer Art von Löschherd weiter behandelt und unter einem 150 Pfund schweren Hammer zu Pflugeisen, Achsen u. s. w. gestreckt. Das Eisen war fest und sehr hart; es wurde meist zu Scheren und groben Schneidwaren, die als Toroczkoer Waren in ganz Siebenbürgen geschätzt waren, verarbeitet. Das gesuchte Stückeisen wurde höher bezahlt als anderes Eisen. Ein weiterer Stückofen war zu Plotzkô bei Vaida Hunyad und zwei andere, die der gräflich Banffyschen Familie gehörten, zu Zalatna im Betriebe. Die Eisengewinnung in jener Gegend geht bis in die Zeit der Römerherrschaft zurück.

Ebenso hatten sich in Finnland die Stücköfen erhalten. Chr. Husgafvel[1]) versuchte dieselben zu verbessern, indem er durch Einführung eines auswechselbaren Herdes einen kontinuierlichen Betrieb herbeiführen wollte. Dies geschah zuerst 1875

[1]) J. von Ehrenwerth in Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1891, S. 456.

Digitized by Google

zu Pankakosky, sodann zu Porsaskoski (1879), Wärtsilä, Kontsche-Osero und Dobiansk. In vollkommener Weise führte er dies 1884 in Wärtsilä aus. Der Ofen, der mit einem Blechmantel und mit Wasserkühlung versehen war, wurde mit heifsem Wind betrieben. Drei mit Kalk ausgestrichene Herde gehörten zu einem Ofen. Der Herd ruhte auf gufseisernen Wagen; sobald der Herd mit Eisen und Schlacken gefüllt war, wurde er abgefahren und durch einen anderen ersetzt. Während man in den alten finnischen Bauernöfen zu Anfang des Jahrhunderts 1 Centner Stangeneisen aus 8 bis 10 Centner Seeerz mit 24 Tonnen Holzkohlen in 10 Arbeitsstunden erblasen hatte, lieferte schon der Ofen zu Pankakosky die zehnfache Menge in derselben Zeit. Der Ofen von Wärtsilä war 24 Fufs hoch und 5 Fufs im Kohlensack und 3 Fufs in der Gicht weit; er fafste 250 Kubikfufs, war ganz von Eisen und nur bis 7 Fufs Höhe mit einer 1½ Zoll dicken Auskleidung von feuerfestem Thon versehen. Der Wind trat durch vier Öffnungen in den eisernen Wänden des Wagengestelles ein. Die Erwärmung des Windes geschah durch den Ofen selbst, indem der Wind spiralförmig um den Ofen geleitet wurde. Hierdurch kühlte und schützte er zugleich die Ofenwand. Mit dem Anwachsen der Luppe im Herd wurden die Düsen höher gelegt. Nach 40 Gichten war der Wagen voll, der nun durch einen Hebel gesenkt, mit Winden weggezogen und entleert wurde, während ein neuer Wagen sofort untergeschoben, angeprefst und befestigt wurde. Dies erforderte nur 5 bis 7 Minuten. Hierdurch war der Prozefs ein kontinuierlicher. Den Betrieb regulierte man durch die Windpressung: schärferer Wind gab weicheres, schwächerer Wind, bei geringerem Erzsatz und weniger stechenden Formen, gab stahlartiges Eisen und Roheisen. Bei der niedrigen Schmelzhitze wurde nur sehr wenig Phosphor reduciert. Die Luppe oder das Stück enthielt noch grofse Mengen von Schlacken, Kohlen und selbst unreduciertes Erz. Es eignete sich aber vorzüglich zum Umschmelzen im Martinofen, wobei allerdings ein Schmelzverlust von 30 Prozent etwas gewöhnliches war. 1887 betrug die Tagesproduktion bei Verschmelzung von Seeerzen mit 36 Prozent Eisengehalt 125 bis 170 Pud (2047,5 bis 2784,6 kg), bei Zusatz von 40 Prozent Puddelschlacke stieg die Produktion bis 3400 kg. Die Erzeugung der Stückofenluppen ermöglichte erst den Martinprozefs für Finnland, indem er es von dem teuren Schrottbezug unabhängig machte. Das Stückeisen war nicht teurer als Roheisen; man konnte es mit Nachsatz von Spiegeleisen oder Ferromangan für sich im Flammofen verschmelzen. Leider mufste dieser Betrieb aber infolge der ungünstigen russischen Zölle 1887 eingestellt werden.

Digitized by Google

Dagegen verarbeitete man die Luppen zu Stürzen für Schwarzbleche. Das Stückofen-Schmelzverfahren, das im einzelnen noch verschiedene Verbesserungen erfuhr, stand 1889 aufser auf dem genannten Werke noch zu Kontsche Osero und zu Dobiansk in Ausübung. Für Finnland hatte es also damals eine nicht geringe Bedeutung.

Ein noch viel gröfserer Aufwand von Geist und Mühe wurde auf diejenigen direkten Eisengewinnungsprozesse, bei denen Reduktion und Schmelzung getrennt ausgeführt wurden, verwendet.

Besonders entwickelte Wilhelm C. Siemens in England eine erstaunliche Energie bei der Vervollkommnung dieses Verfahrens. Über seinen „Erzstahlprozefs“, bei dem die Erze nur den kleineren Teil des Rohmaterials bildeten, haben wir bereits berichtet (S. 93) und kommen auf die weitere Entwickelung desselben später noch zurück. Hier interessiert uns ein anderes Verfahren, bei dem Eisenerze den einzigen oder hauptsächlichen Rohstoff bildeten und auf welches Siemens durch seine zahlreichen Versuche mit dem Erzstahlprozefs geleitet wurde. Es kam ihm hierbei um 1870 die Idee, ob es nicht vorteilhafter sei, statt wie bis dahin die Erze zu einem Eisenschwamm zu reducieren und diesen in ein im Flammofen geschmolzenes Eisenbad einzutragen und zu schmelzen, die Erze mit Flufsmitteln zu einer eisenreichen Schlacke zu schmelzen und aus dieser durch Kohle das Eisen in kompakter Form auszufällen und in Form von Luppen zu gewinnen. Versuche auf dem Landore-Siemens-Stahlwerk bei Swansea im rotierenden sowie im Kaskadenofen und auf den Blochairn-Eisenwerken bei Glasgow fielen nicht ungünstig aus. Siemens bezeichnete sein neues Verfahren als Präcipitationsprozefs oder Niederschlagsarbeit. Zunächst gab er einem Regenerativ-Gasflammofen, der nach Art eines Kaskadenofens zugestellt war, den Vorzug. Auf dem Boden desselben waren aus den Erzen selbst zwei verschieden hohe Herde oder Betten hergestellt; auf dem höher gelegenen wurden die Erze mit dem Flufsmittel zu einem flüssigen Bade geschmolzen, dieses wurde dann durch die aus Erzstücken hergestellte Zwischenwand in das tiefer liegende Bett, auf dessen Boden zuvor ein Gemenge von gepulvertem Koks oder Anthrazit und Erzstaub aufgestreut worden war, abgestochen. Die flüssige Masse wurde dann umgerührt, wobei sich eine dicke, schäumende Mischung bildete, aus der sich nach 40 bis 50 Minuten metallisches Eisen abschied. Dies wurde zu Luppen vereinigt, welche entweder gezängt oder im Stahlschmelzofen umgeschmolzen wurden. Im weiteren Verlauf seiner Versuche gab W. Siemens dem Drehofen oder Rotator mit Bauxitfutter den Vorzug.

Digitized by Google

Später kleidete er nur die Enden des Rotators mit Bauxit aus, während er den mittleren Teil mit einem Eisenoxydfutter versah, das für den Prozefs förderlich war und sich leichter flicken und erneuern liefs.

Fig. 240 zeigt die von W. Siemens angegebene Ofenkonstruktion. Der Cylinder des Rotators war 9 engl. Fufs lang und 7½ Fufs weit. In den heifsen Ofen wird die zerkleinerte mit Kalk gemengte Erzcharge von etwa 20 Centner Gewicht eingesetzt und unter langsamer Umdrehung geschmolzen. Nach etwa 40 Minuten werden 5 bis 6 Centner Kohlenklein eingetragen, worauf das Oxyd zu magnetischem Oxyd und unter Kohlenoxydgasentwickelung teilweise zu metallischem Eisen reduciert wird. Ist die Reduktion des Eisenoxyds fast vollendet, so wird die flüssige Schlacke abgestochen und unter rascherer Umdrehung des Rotators das Eisen zu zwei bis drei Luppen geballt, die herausgenommen und gezängt werden. Sodann wird die übrige Schlacke abgestochen und hierauf neu chargiert. Eine Charge dauerte zwei Stunden und lieferte 10 Centner Eisen, so dafs ein Drehofen in 24 Stunden 100 Centner Luppenstäbe liefern konnte. Stahl kann man entweder dadurch erhalten, dafs man die heifsen Luppen in ein Roheisenbad im Stahlschmelzofen bringt, oder im Rotator selbst dadurch, dafs man im zweiten Stadium mehr Kohlenstoff und nach dem Schlackenablassen 10 bis 15 Prozent Spiegeleisen zusetzt.

Siemens machte seine Versuche auf seinen Sample Steel Works zu Birmingham. Bei Krupp in Essen und zu Stehle wurde der Prozefs, der durch die Weltausstellung in Wien bekannt geworden war, ebenfalls versuchsweise eingeführt. Kerpely machte 1874 auf dem genannten Werke von Siemens zu Birmingham Versuchsschmelzen mit ungarischen Erzen, erhielt aber faulbrüchiges Eisen. Kaum besser verliefen die 1875 von W. Hupfeld zu Prävali in Kärnten angestellten Versuche.

W. Siemens führte dagegen 1877 seinen Prozefs mit Erfolg auf der Eisenhütte zu Towcester in Northhampton ein. Er vergröfserte den Rotator, der aus einem cylindrischen Blechmantel mit gufseisernen Stirnplatten bestand, auf 9½ Fufs Länge und 8½ Fufs Durchmesser, kleidete ihn an den Stirnseiten mit 4½zölligen Bauxitlagen, in der Mitte mit einem 5 bis 6 Zoll dicken Futter von eisenreicher Schlacke aus. Ein gutes Futter hielt 30 bis 40 Chargen aus. Die Beschickung bestand aus 5 Centner geröstetem Thoneisenstein, 5 Centner ungeröstetem und 7½ Centner geröstetem Kohleneisenstein, 4½ Centner Schweifsofenschlacke, 2½ Centner Kalkstein und 4 Centner

Digitized by Google

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Steinkohle. Nach dem Eintragen der Charge liefs man den Drehofen noch 5 bis 10 Minuten ruhen, dann begann die Rotation mit 12 bis 15 Umdrehungen in der Stunde, unter selbstthätiger Umsteuerung der

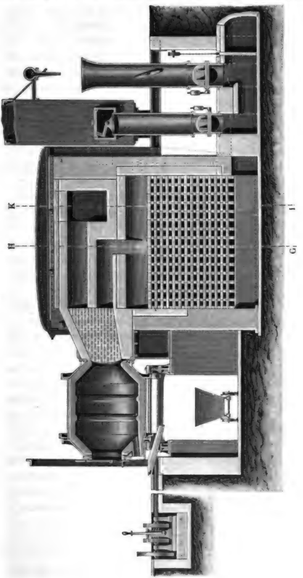


Fig. 240.

Google

in das Innere eintretenden Gas- und Luftströme. Nach 2 Stunden war die ganze Masse in Rotglut, aber noch trocken, nach $2^1/_2$ Stunden wurde sie klebrig und flüssige Schlacke fing an sich abzuscheiden, nach $3^1/_2$ Stunden begann die Luppenbildung bei flüssiger Schlacke. Nun liefs man den Ofen sich rascher umdrehen, stach bald darauf Schlacke ab, was nach $^1/_4$ Stunde wiederholt wurde. Hierauf unterbrach man die Bewegung zeitweilig, um eine Luppe fertig zu machen und herauszunehmen. Die erste erfolgte nach 4 Stunden 8 Minuten, die letzte nach $4^1/_2$ Stunden. Die Luppen wurden unter dem Hammer gezängt, doch gelang die Entfernung der eingeschlossenen Schlacke nur unvollkommen. Sie kamen alsdann in einen Siemens-Gas-Schweifsofen von 12 Fufs Länge und 6 Fufs Breite, worin sie unter Umwälzen geschweifst wurden. Die überschmiedeten Blöcke gelangten hierauf zum zweitenmal in den Schweifsofen und wurden als „reheated blooms" zu Stürzen für Schwarzblech ausgewalzt. Eine Charge ergab $5^1/_2$ Centner weiches, körniges Eisen, das in Prozenten 99,71 Eisen, 0,12 gebundenen Kohlenstoff, 0,065 Silicium, Spuren von Mangan, 0,0275 Schwefel und 0,074 Phosphor enthielt. Der meiste Phosphor wurde mit den ersten Schlacken entfernt.

Tunner und James Davis[1]) äufserten sich sehr günstig über das Verfahren in Towcester[2]), dessen Erfolg auch Veranlassung gab, dafs dasselbe in den Vereinigten Staaten von Nordamerika eingeführt wurde. Den ersten, wenn auch erfolglosen Versuch machten dort Park, Brothers & Co. in Pittsburg 1878. Im Jahre 1880 begann R. W. Anderson, der 1868 auch den ersten Regenerativofen in Amerika eingeführt hatte, den Prozefs aufzunehmen und zu Tyrone bei Altona (Pa.) in Verbindung mit W. Siemens die ersten Versuchsschmelzen auszuführen. Der gute Erfolg derselben führte 1881 zur Gründung der Gesellschaft Siemens, Anderson & Co. und zur Erbauung eines grofsen Werkes[3]) mit vier Drehöfen bei Pittsburg. Die Drehöfen von 12 Fufs Länge und 11 Fufs Weite waren aus einzölligem Blech mit einem $4^1/_2$ Zoll dicken Futter hergestellt. Zu jedem Rotator gehörten zwei Gasgeneratoren, 21 Fufs hoch, 20 Fufs lang und $7^1/_2$ Fufs breit. Jede Charge bestand aus 5000 Pfund Erz, etwa 400 Pfund Kalkstein und 1200 bis 1600 Pfund Steinkohlen. Der Prozefs dauerte 8 Stunden. Man machte Luppen von 200 Pfund Gewicht, die unter

---

[1]) Siehe Engineering and Mining Journ. 35, p. 5.

[2]) Beschreibung von Siemens' Verfahren zu Landore und Towcester siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1883, S. 161.

[3]) Siehe Stahl u. Eisen 1883, S. 254; Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1882, S. 508.

Digitized by Google

60 Centner-Hämmern von Schlacke befreit zu Blöcken (blooms) verschmiedet wurden. So konnte man in jedem Ofen in 24 Stunden drei Chargen machen. Das Ausbringen aus den Erzen, die 50 bis 60 Prozent Eisen enthielten, betrug 43 bis 46 Prozent; etwa ein Drittel des Eisens ging in die Schlacken. Der Kohlenaufwand betrug 3,25 Tonnen auf eine Tonne Blöcke. Diese wurden mit dem doppelten Gewicht von Roheisen und Abfalleisen im Siemens-Stahlschmelzofen verschmolzen. 1883 befand sich das Werk in regelmäfsigem Betriebe.

Der chemische Zweck des Prozesses, ein von Phosphor möglichst freies Eisen zu erhalten, wurde vollständig erreicht, ein ökonomischer Erfolg gegenüber dem indirekten Betriebe aber nicht erzielt. Das Produkt war zu teuer, der Schmelzverlust zu grofs. Gegenüber dem neuerfundenen Thomasverfahren konnte sich deshalb Siemens' Niederschlagsarbeit nicht behaupten. 1882 liefs Professor Sarnström zu Nyhamma und Söderfors in Schweden Versuche mit diesem Verfahren machen, jedoch ohne nachhaltigen Erfolg. 1886 war der Erzprozefs in Amerika nur noch in Midvale im Betriebe. Die Amerikaner verwarfen das Verfahren schon aus dem Grunde, weil es ihnen zu langsam ging.

Friedrich Siemens suchte den Prozefs in der Richtung abzuändern, dafs er anstatt der Luppen sofort flüssiges Eisen aus den Erzen in einem Flammofen bei grofser Hitze schmelzen wollte. In seinem Patent (D. R. P. Nr. 32309) vom 28. November 1884 lautet sein Anspruch auf „die Herstellung von Flufseisen durch direktes Einschmelzen eines fein pulverisierten Gemisches von Eisenerz, Zuschlägen und Kohlen in einem Flammofen mit Wärmespeichern unter Einwirkung einer sehr hohen Temperatur, dafs die Reduktion des Erzes, die Abscheidung der Schlacken und die Ansammlung des gebildeten flüssigen Eisens nach dem specifischen Gewicht vor sich gehen kann". Hier liegt die Neuheit nicht in der Idee des Schmelzverfahrens — denn ganz ähnliche Vorschläge hatten schon F. F. Jones 1873 in England und Fr. Lang und J. von Ehrenwerth 1875 in Österreich gemacht —, sondern in dem dafür angewendeten Mittel, dem Flammofen, der durch rasche Steigerung der Hitze bis zu aufserordentlicher Höhe eine beschleunigte Reduktion und Schmelzung des reducierten Eisens ermöglichen soll. Auf die geistreich erdachten Flammöfen beziehen sich denn auch die weiteren Patente von 1886, 1890 und 1891 (D. R. P. Nr. 37105, 59930, 62904). Der Flammofen ist durch einen wagerechten, ringsumlaufenden, offenen Schlitz in eine obere und eine untere Abteilung zerlegt, der geschlossen werden kann

Digitized by Google

und bei Erzeugung der höchsten Temperatur geschlossen wird. In diesem „Ofen mit rundum offener Zone“ sollen Eisenerze in Pulverform bis Nufsgröfse mit Zuschlägen eingeschmolzen und alsdann durch eingetragenen Kohlenstoff reduciert werden. Die Reduktion geht von oben vor sich unter kochender Bewegung der Schmelzmasse; das Eisen sammelt sich in flüssigem Zustande unter der Schlackendecke an, und man kann je nach dem Kohlungsgrad Schrot oder Erzstücke nachschmelzen. Eine praktische Bedeutung hat dieses Verfahren aber bis jetzt nicht erlangt.

Schon 1874 hatte G. Kazetl den Vorschlag gemacht, Einschmelzen, Reducieren und Ausfällen in demselben Flammofen zu bewirken, dabei aber die Reduktion nicht durch festen Kohlenstoff, sondern durch eingeprefstes Kohlenoxydgas zu bewirken. Letzteres hatten Bessemer selbst und Jones in Middlesborough bereits früher versucht, ebenso Siemens, der aber mit Kohlenoxydgas keinen Erfolg erzielt hatte.

Gerhardt schlug 1874 vor, das gepulverte Erz mit dem Flufsmittel und Teer zu mengen und in Ziegelform im Puddelofen direkt auf Puddelluppen zu verarbeiten.

In Amerika machte Jac. Reese auf den Fort Pitt-Eisen- und Stahlwerken 1877 den Versuch, Eisenerze im Kupolofen zu einer Schlacke zu schmelzen, diese in Konverter laufen zu lassen und durch die flüssige Masse ein auf 315° erhitztes Gemenge von Benzin und Wasserdampf zu leiten.

In demselben Jahre führte Chas. M. Du Puy[1]) ein abweichendes Verfahren zur direkten Darstellung von Schweifseisen und Stahl ein, das eine Zeit lang die Beachtung der Hüttenleute auf sich zog. Die zerkleinerten Erze wurden mit Kohlen in Blechbüchsen gepackt, in einem Flammofen erhitzt und die reducierte und zusammengeschweifste Masse mitsamt der Umhüllung unter Luppenquetschen und Walzen zu Rohschienen verarbeitet. Das phosphorarme Eisen wurde in Tiegeln oder Siemens-Martinöfen eingeschmolzen. Anfangs nahm man nur Holzkohlen, später auch Steinkohlen, Anthrazit und andere Kohlenarten zur Reduktion. Der Betrieb war (1881) auf den Werken der Phönix-Iron-Company (U. S.) eingeführt; das in Tiegeln umgeschmolzene Produkt lieferte angeblich einen brauchbaren Werkzeugstahl. Auf den genannten Werken hatte man das Verfahren

[1]) Journal of the Franklin Instit. 1877, Dezbr., p. 377; Berg- und Hüttenm. Ztg. 1878, S. 197; Stahl und Eisen 1883, S. 588.

Digitized by Google

darin abgeändert, dafs man die Blechhülsen wegliefs und das Gemenge in die Form von Ringen oder Röhren prefste. In drei Monaten hatte man 1371,5 kg Puddelschlacke, 3675 kg Champlain-Erz, 1200 kg Hammerschlag nach dieser Methode verarbeitet. Die Chargendauer betrug drei Stunden, das Ausbringen aber nur 32 Prozent des eingesetzten Oxydes.

Inzwischen hatte auch das getrennte Verfahren, bei welchem die Reduktion in besonderen Gefäfsen, die Schmelzung des in denselben erhaltenen Eisenschwammes aber in einem Flammofen und zwar meist in einem Roheisenbade erfolgt, wieder gröfsere Beachtung gewonnen und zu neuen Vorschlägen und Erfindungen geführt. Von den älteren Prozessen wurde der von Chenot 1872 noch auf einem Werk von Ybarra & Co. in Spanien fortbetrieben. Ebenso erhielt sich der diesem und mehr noch dem Gurltschen Verfahren verwandte Touraginprozefs (S. 92) in zwei Öfen im nördlichen Spanien bis 1884. In der Weltausstellung zu Paris waren dessen Produkte ausgestellt. Der gewonnene Eisenschwamm wurde im Frischherde weiter verarbeitet.

1880 war das Chenotverfahren auf der Hütte El Desierto, wo aus Bilbaoerzen in steinernen Retorten Eisenschwamm gewonnen und im Schweifsherde zu einem weichen, für Nägel brauchbaren Eisen verarbeitet wurde, im Gange.

Auf derselben Grundlage beruhte das 1873 von Thomas S. Blair von Pittsburg beschriebene Verfahren[1]. 1875 war dasselbe nach Tunners Bericht bereits zu einem hohen Grade der Vollkommenheit ausgebildet. Die Reduktion der mit Kohlen gemengten reichen Erze vom Missouri oder vom Lake Superior erfolgte mit Gas im oberen Teile hoher schachtförmiger Räume[2], in deren unterem Teile der reducierte Eisenschwamm bei völligem Luftabschlufs abgekühlt wurde. Dieser wurde sodann unter einer starken hydraulischen Presse kalt in die Form cylindrischer Blöcke geprefst, welche hierauf in einem Roheisenbade eingeschmolzen wurden. Auf Blairs Werk zu Asinwood bei Pittsburg lieferten sechs Öfen wöchentlich 1200 Centner Eisenschwamm. 1882 wurde dieses Verfahren auch zu Glenwood betrieben; man verarbeitete Missourierze. Im Jahre 1881 betrieb man nach Weddings Bericht[3] die Reduktion mit natürlichem Gas.

---

[1]) The direct Process in iron manufacture by Thomas Blair, Transactions of the American Institute of Mining Engineers, vol. II, p. 175.

[2]) Siehe Wedding, Handbuch etc. 1874, III, S. 556.

[3]) Siehe Stahl und Eisen 1891, S. 112.

Digitized by Google

Petroleum, natürliches Gas und Wassergas erlangten bei der direkten Eisengewinnung in Amerika mehrfach Anwendung und wurden darauf verschiedene neue Verfahrungsweisen gegründet; unter diesen erregte die von H. Clay Bull bei Bull & Co. 1881 eingeführte[1]) (D. R. P. Nr. 22993) besonderes Aufsehen. In einem Schachtofen von 7 m Höhe, der mit Rootsgebläse und vier Cowperapparaten ausgerüstet war, sollte mit Wassergas direkt Eisen und Stahl erzeugt werden. Der Ofen wurde mit geröstetem Erz und gebranntem Kalk ohne festes Brennmaterial beschickt. Die Schmelzung sollte allein durch Gas, welches mit hocherhitztem Wind im Ofen verbrannt wurde, erfolgen. Gleichzeitig hatte das Gas die Reduktion und Kohlung zu besorgen. Ein Versuch, welchen die Gesellschaft John Cockerill zu Seraing im November 1881 ausführte, fiel ungünstig aus, indem der Ofen, obgleich der Wind auf 1560° Fahrenheit erhitzt war, einfror. In Amerika hatten sich zwar mehrere Gesellschaften zur Ausbeutung des Verfahrens gebildet, von einem Erfolg hörte man aber nichts.

Dr. G. Duryce in New York[2]) führte 1882 bei der Poughkeepsie Eisen- und Stahlgesellschaft ein Petroleumschmelzverfahren in einem Flammofen mit Ölbehälter und Ventilatorgebläse ein.

1884 machte O. Thiéblemont zu Liverdun den Vorschlag, die Erze mit kohlenwasserstoffreichen Gasen zu reducieren und mit kohlenoxydreichen zu schmelzen. Ähnliches versuchte Arthur in Cowes. Auch der von James Henderson 1886 vorgeschlagene Stahlumwandlungsofen, in dem Erzbricketts reduciert und geschmolzen werden sollten, war mit Naturgasheizung eingerichtet. Mit Gas allein gelang indessen die Reduktion nicht, es mufsten dem Erze immer Kohle oder kohlenstoffreiche Stoffe beigemengt werden.

W. F. M. Mac Carty zu Hagerstown (Maryland) konstruierte 1888 einen eigentümlich kombinierten Ofen zur direkten Stahlerzeugung. Es war ein Schachtofen, der ähnlich den Gasreinigern stufenweise geteilt war in Verbindung mit einem Konverter. Das gepulverte, mit Kohle vermischte Erz wurde oben aufgegeben, und indem es von Stufe zu Stufe fiel, begegnete es einem Strom von Wassergas und Luft, wodurch es reduciert, gekohlt und geschmolzen wurde. Das geschmolzene Eisen sammelte sich in einem Kupolofen, in welchem es durch durchgeprefste Luft entsiliciert und entkohlt wurde.

---

[1]) Siehe Dinglers Polyt. Journ. 1882, II, S. 287; Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1883, S. 185; Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1883, Nr. 14.

[2]) Siehe Berg- u. Hüttenmännische Ztg. 1882, S. 499; Kerpelys Jahrbuch etc. 1881/82, S. 141, Taf. VII b.

Digitized by Google

Wainwrights Verfahren (1888), bei dem Schacht- und Regenerativflammofen kombiniert waren, war dem Bullprozefs ähnlich. Man suchte im Herdofen die Schlacke basisch zu machen und setzte Ferromangan zu.

Einen wirklichen Erfolg errang Eames, dessen Verfahren von der Carbon-Iron Company in Pittsburg ausgebeutet wurde[1]). Eames, der erst eine elektrolytische Gewinnung des Eisens in erhitzten stehenden Retorten versucht hatte (E. P. 1888, Nr. 14837), kam später auf ein modificiertes Siemensverfahren. Er reducierte reiche Magneteisensteine von 62 Prozent Eisengehalt, die mit Graphit oder später mit Connelsville-Koks gemischt wurden, in einem Flammofen ähnlich einem Puddelofen, formte aus dem reducierten Eisen Luppen und schmolz diese im Siemens-Martinofen zu Flufsstahl. Die Carbon-Iron-Gesellschaft hatte 1890 16 Reduktionsöfen im Betriebe. Die Reduktion war in $1^1/_2$ Stunden beendet. In 24 Stunden konnte man sechs Chargen in jedem Ofen machen.

Ein anderes Verfahren, der Conley-Lancaster-Prozefs[2]), welcher in Amerika 1891 mit Vorteil ausgeführt wurde, näherte sich Siemens' Erzstahlprozefs insofern, als das reducierte Erz in einem Roheisenbade eingeschmolzen wurde. Die Reduktion erfolgte in Retorten, welche in den beiden Enden eines Regenerativflammofens eingebaut waren. Das Erz wurde mit Kohle gemengt in diesen Retorten einer Temperatur bis 800° C. ausgesetzt und der reducierte Schwamm dann in das Schmelzbad geschoben. Das Verhältnis des Eisenschwammes zum geschmolzenen Eisen erreichte 1 : 1. Ein Ofen machte in der Woche 18 Chargen zu 10 Tonnen. Die Anlage zu Brewsters erzeugte angeblich täglich 250 Tonnen[3]). Auf 100 Tle. Flufseisen kamen 200 Tle. Erz, 40 Tle. Reduktionskohle und 50 Tle. Heizkohle. 1895 war dies der einzige der kombinierten direkten Prozesse, der noch betrieben wurde und zwar mit der Abänderung, dafs die Retorten mit Petroleum nur auf 320° C. erhitzt wurden, bei welch niedriger Temperatur die Reduktion schon erfolgte.

Sehr ähnlich war der Adamsprozefs[4]), welcher 1890 auf den Indianopolis-Eisenwerken bei Pittsburg im Betriebe stand, nur geschah die Reduktion in schachtförmigen Kammern mit Ziegelgitterwerk, von denen vier zu einem Block vereinigt waren. Zur Reduktion wurde

---

[1]) Siehe die Angaben von Wedding in Stahl und Eisen 1891, S. 111.
[2]) Siehe Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1891, S. 35.
[3]) Siehe Stahl und Eisen 1891, S. 727.
[4]) Siehe Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1891, S. 359.

erhitztes Wassergas angewendet, doch war den Erzen 10 bis 15 Prozent feste Kohle beigemischt.

Jos. von Ehrenwerth, der 1891 auf Grund seiner amerikanischen Erfahrungen lebhaft für Einführung des direkten Verfahrens in Österreich eintrat, gab ein auf ähnlicher Grundlage beruhendes Verfahren an[1]). Ein im Regenerativ-Flammofen bei hoher Temperatur eingeschmolzenes hochgekohltes Eisenbad soll ein eingeschmolzenes Erzbad reducieren. Das entkohlte Bad kann man durch Eintragen von vorgewärmten Kohlungsmaterialien wieder kohlen und hierauf eine neue Menge eingeschmolzenes Erz reducieren. Die Vorreduktionen können in einem Kupolofen, der unmittelbar mit dem Schmelzherd verbunden ist, geschehen.

Der Larkins-Stahlprozeſs (1891) ist dem Lancasterprozeſs ähnlich, bemerkenswert ist nur die rasche Entleerung des Schwammes unter Zuleitung reducierenden Gases in ein Gefäſs, in dem er unter Luftabschluſs erkaltet. Der erkaltete Schwamm wird dann mit Holzkohle und Harz vermischt in Kuchen geformt und in Tiegeln eingeschmolzen.

Siemens' Erzstahlprozeſs ist mit mehreren der letzterwähnten Verfahren so nahe verwandt, daſs man wohl seine Beschreibung hier ebenfalls erwarten dürfte; da aber der Erzzusatz gegenüber dem eingeschmolzenen Roheisen nur gering ist und hauptsächlich als Entkohlungsmittel dient, so scheint es doch richtiger, denselben als eine Modifikation des Siemens-Martinprozesses später zu behandeln.

Dagegen müssen wir hier noch den Vorschlag des russischen Staatsrats Wladimir F. Berner von 1893 (D. R. P. Nr. 76 646) erwähnen, der fertiges Fluſseisen direkt aus den Erzen in einem kombinierten Regenerativ-Schachtofen erzeugen will. Der Ofen besteht aus vier Schächten, die am unteren Teile mit Frischräumen verbunden sind und die gleichzeitig durch die verschiedene Art des Betriebes zum Roheisenschmelzen, zur Reduktion der Erze zu Eisenschwamm und als Generatoren zur Gaserzeugung, um in den Frischräumen das Gemisch von Roheisen und Eisenschwamm zu Fluſsstahl zu schmelzen, dienen sollen. Statt der vier Schächte wendete er später nur zwei an[2]). In dem einen Schacht dieses Regenerativdoppelofens wurden durch Einblasen von gepreſstem Wind wie bei jedem Hochofen Erze zu Roheisen geschmolzen, während sie in dem anderen unter Ansaugen

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1891, S. 978.

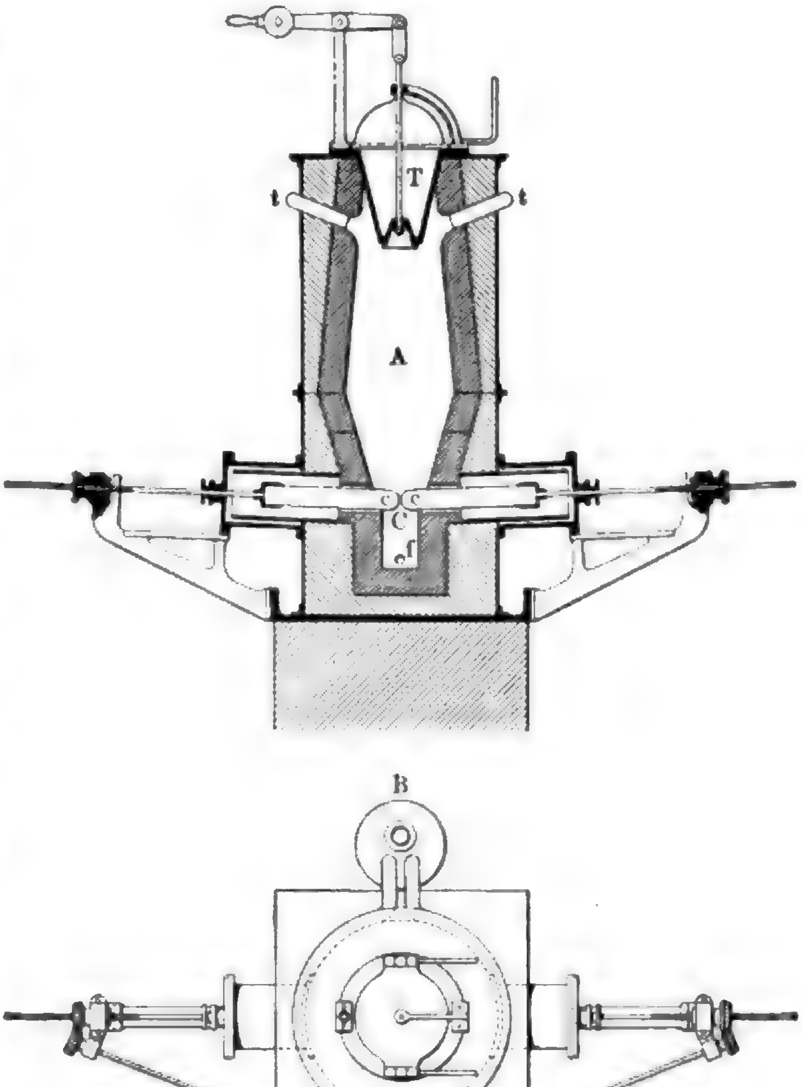
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1897, S. 557.

Digitized by Google

von Luft durch Essenzug nur zu Schwamm reduciert wurden. Die Wassergaserzeugung zum Einschmelzen erfolgte in besonderen Gasgeneratoren. Über Erfolge dieses Verfahrens ist aber nichts bekannt geworden.

Denselben Gedanken hat aber D. Tschernoff in St. Petersburg weiter verfolgt, indem er sich einen Gashochofen zur Herstellung von Flufs- und Roheisen patentieren liefs (D. R. P. Nr. 101952 vom 12. Februar 1898). Die Roheisendarstellung auf diesem Wege würde zweifellos zu teuer, also könnte nur die Flufseisendarstellung in Frage kommen. Von einem Erfolg ist bis jetzt nichts bekannt geworden.

Fig. 241.



Neuerdings hat der italienische Artilleriehauptmann Stassano auch einen elektrischen Schmelzofen (Fig. 241) zur direkten Stahlerzeugung erfunden. Er vermengt das magnetisch angereicherte Erzpulver mit Koks und entsprechenden Zuschlägen in gemahlenem Zustande, sodann mit 5 bis 10 Prozent Teer und setzt die breiartige Masse unter einer hydraulischen Presse hohem Druck aus. Die geprefste Masse wird hierauf in Stücke von 4 Kubikzoll Gröfse zerbrochen und mit diesen wird der elektrische Schmelzofen, dessen Einrichtung und Betriebsweise aus der Zeichnung ersichtlich ist, beschickt. Zur Herstellung einer Tonne Stahl sind 3000 Pferdekraft-Stunden erforderlich. Es hat sich in Italien eine Gesellschaft zur Ausbeutung dieses Ver-

Digitized by Google

fahrens gebildet, die im Thale von Camonica eine elektrische Schmelzhütte erbaut hat. Einen Gewinn hat aber die Gesellschaft bis jetzt nicht erzielt, da die Herstellungskosten zu hoch sind.

Trotz des grofsen Aufwandes von Geist und Arbeit auf die Verbesserung des direkten Verfahrens der Eisengewinnung in den letzten 30 Jahren sind die Erfolge doch nur gering gewesen. Dennoch wird diese wichtige Frage, an deren praktische Lösung hervorragende Metallurgen, wie z. B. Jos. von Ehrenwerth, glauben[1]), auch in der Zukunft zu immer neuen Versuchen anreizen.

Es scheint sich hierfür sogar bereits ein ganz bestimmter Weg zu zeigen. Es ist dieser die elektrische Eisen- und Stahlgewinnung. Länder, die an natürlichem Brennstoff arm, an Erzen und Wasserkräften reich sind, haben in erster Linie den Beruf diesen Prozefs zu entwickeln. Seit Stassanos[2]) Vorgehen ist dies kein Traum mehr. Vorläufig ist der Erfolg zwar gering, aber bei den raschen Fortschritten der Elektrotechnik einerseits und bei dem Bedürfnis gewisser erzreicher, brennstoffarmer Gebiete andererseits erscheint die Durchführung, die zunächst allerdings nur von lokaler Bedeutung sein wird, durchaus wahrscheinlich.

Die indirekte Eisenbereitung.

Vorarbeiten.

Das indirekte Verfahren, das Verschmelzen der Erze zu Roheisen und die Umwandlung des letzteren in Schmiedeeisen und Stahl, ist immer noch das unbedingt herrschende. Auf die Entwickelung desselben in den letzten 30 Jahren haben die Fortschritte der Flufseisengewinnung, besonders die Erfindung des Thomasprozesses Ende der siebziger Jahre den gröfsten Einflufs geübt. Die Frage der Entphosphorung des Roheisens stand für die immer wichtiger werdende Flufseisenbereitung im Mittelpunkt des Interesses. Da die meisten Eisenerze phosphorhaltig sind, so war das meiste Roheisen für die Flufseisenerzeugung nach dem damals allein bekannten sauren Verfahren unbrauchbar. Die Abscheidung des Phosphors war dem-

---

[1]) Siehe J. v. Ehrenwerth, Das Berg- und Hüttenwesen auf der Weltausstellung in Chicago 1895, S. 83.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 797.

Digitized by Google

nach das Problem der Zukunft. Dieses durch Aufbereitung der Erze vor dem Schmelzen zu bewirken, hatte nur in vereinzelten Fällen teilweisen Erfolg gehabt; in den meisten Fällen, namentlich wenn der Phosphor gleichmäſsig im Erz verteilt war, bot dieser Weg keine Aussicht auf Erreichung des Ziels. Die Abscheidung im Hochofen zu bewirken, war um so weniger möglich, als der Hochofenbetrieb Steigerung der Produktion durch Verwendung hocherhitzten Windes, also sehr hohe Schmelzhitze erstrebte, wobei fast aller Phosphor in das Eisen ging. Da sich die direkte Eisengewinnung trotz aller Bemühungen als unökonomisch erwies, so erhob sich die Frage, ob es möglich sei, die Entphosphorung bei dem flüssigen Roheisen durch ein Reinigungsverfahren vor dem eigentlichen Frischprozeſs zu bewirken. Diese Lösung galt vor der Erfindung von Thomas und Gilchrist als die wahrscheinlichste.

Auf diesem Wege suchten deshalb die meisten Metallurgen in den siebziger Jahren dieses Ziel zu erreichen und es wurde eine Reihe von Vorschlägen und Erfindungen für eine Reinigung des Roheisens in erster Linie von Phosphor, dann auch von Schwefel gemacht. Wir können dieselben zur besseren Übersicht einteilen in Verfahren, welche die Reinigung des Roheisens im allgemeinen bezwecken, und in die besonderen Entphosphorungs- und Entschweflungsmethoden.

Die allgemeinen Reinigungsverfahren lehnen sich zum Teil an den früheren Feinprozeſs an, andere erinnern mehr an den Rennprozeſs, wie z. B. das bereits erwähnte Verfahren von Ellershausen, andere erstreben die Reinigung durch chemische Mittel oder Zuschläge. Letztere Art war die 1870 von J. E. Sherman in England vorgeschlagene Reinigung mittels Jod durch Zusatz kleiner Mengen von Jodkalium (E. P. vom 25. Juli 1870), die aber viel zu teuer war.

Praktischer war das 1870 von Henderson angewendete Reinigungsverfahren[1]) durch Einmengen von feingepulvertem und gut gemischtem Eisenerz und Fluſsspat in das flüssige Roheisen (Am. Pat. Nr. 347 349). Es geschah dies in der Weise, daſs man das Pulver $^1/_4$ bis $^3/_8$ Zoll hoch auf einer guſseisernen Schale ausbreitete und das flüssige Roheisen etwa 1 Zoll hoch darüberlaufen lieſs. Es erfolgte ein Aufkochen, das etwa fünf Minuten dauerte. Das gefeinte Eisen

[1]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1871, S. 257; Dinglers Polyt. Journ. 1871, S. 210.

Digitized by Google

war von Silicium und Phosphor so frei, wie Schmiedeeisen. Dieses Material wurde dann bei Pittsburg, wo Henderson sein Verfahren ausführte, im Puddelofen weiter verarbeitet und lieferte ein sehr reines Stabeisen. Nachfolgende Analysen beweisen die fortschreitende Reinigung:

	Roheisen	Feineisen	Stabeisen
Gebundener Kohlenstoff	0,2040	0,3613	nicht bestimmt
Graphit	2,7685	2,5066	—
Silicium	2,3096	—	0
Schlacken	0,3623	0,2983	nicht bestimmt
Phosphor	0,4193	0,1029	0,0087
Schwefel	0,1298	0,1269	0,0438

C. M. Tessié du Motay glaubte das Verfahren zu verbessern, indem er das Roheisen im Flammofen einschmolz, hierauf Flufsspat und alkalische Chloride und Nitrate einrührte. Wilde und Guillieaume schlugen vor, die Reinigung durch Kryolith zu bewirken.

R. M. Daelen in Düsseldorf liefs sich den Zusatz von Eisenoxyd, Flufsspat und Kalk in den Vorherd des Hochofens oder Kupolofens patentieren (D. R. P. Nr. 33946).

H. Schulze-Berge empfahl 1880 das Durchpressen geschmolzener Haloidsalze (Chlorcalcium mit Chlorbaryum und Fluorcalcium) durch das flüssige Eisen; ebenso J. Braunsdorf.

J. Anderson[1]) wollte 1873 die Reinigung des Roheisens dadurch erreichen, dafs er dasselbe durch einen mit glühendem oxydischem Eisenerz gefüllten Ofenschacht laufen liefs; das entkohlte Produkt sollte dann durch eine Säule Koks fliefsen und hierdurch wieder gekohlt werden.

Warners Vorschlag von 1875, das flüssige Roheisen dadurch zu reinigen, dafs man es über ein Gemisch von kalcinierter Soda und Kalk leitet, war nicht neu; dasselbe gilt von den Vorschlägen von Dr. Th. Drown in Easton (Pa.), welcher das schon 1860 von A. K. Eaton erfundene Schmelzverfahren mit kohlensaurem Natron wieder aufnahm. Stein empfahl 1877 den Zusatz von Cyanammonium.

---

[1]) Bericht der Deutsch. chem. Gesellschaft 1873, S. 684; Wedding, Handbuch III, S. 263.

Digitized by Google

Ein von Hamoir 1877 angegebenes und zu Maubeuge (Dep. du Nord) ausgeführtes Reinigungsverfahren bestand darin, dafs man durch das flüssige Roheisen, wie es aus dem Hochofen flofs, erhitzten Wind durchprefste. Das so gefeinte Eisen wurde verpuddelt. Über diesen Prozefs hatte sich P. v. Tunner günstig ausgesprochen [1]).

Ein ganz ähnliches Verfahren hatte Professor Jossa seit 1878 in Nischne-Tagilsk eingeführt. Eine Abänderung dieses Verfahrens wurde 1883 von C. Levêque und Pouzin in Frankreich vorgeschlagen, die das Durchpressen der Luft in fahrbaren Herden, welche man an den Hochofen fuhr, vornehmen wollten [2]).

1880 versuchten E. Servais und M. Feltgen in Luxemburg, das Roheisen durch überhitzten Wasserdampf zu reinigen. Schwefel, Phosphor und Silicium sollten dadurch ausgeschieden werden. Um die Abscheidung des Kohlenstoffs zu verhindern, empfahlen sie, dem Wasserdampf ein kohlenstoffreiches Gas beizumengen. Ohne diesen Zusatz erhielt man angeblich zuletzt Flufseisen.

L. Herlitschka wollte durch Einleiten von Wasserdampf in den Kupolofen das Roheisen reinigen (1880); M. Laurent Cely nahm 1883 ein Patent, dasselbe durch feuchtes Wasserstoffgas in Muffeln zu erreichen (Franz. Pat. Nr. 139159 [3]).

Wenden wir uns nun zu den eigentlichen Entphosphorungsverfahren, so haben sich besonders Lowthian Bell und Alfred Krupp vor der Erfindung von Thomas und Gilchrist um diese Verdienste erworben. Beide suchten ihren Zweck durch einen vorbereitenden Schmelzprozefs zu erreichen.

Lowthian Bells Verfahren, welches er 1877 veröffentlichte, beruhte auf der Erfahrung, dafs Phosphor durch Eisenoxyd bei niedriger Temperatur aus dem Roheisen abgeschieden wird, ohne dafs dabei eine sehr erhebliche Einwirkung auf den Kohlenstoff im Eisen eintritt. Es war dies eine bekannte Erscheinung beim Puddelprozefs, bei dem die Abscheidung des Phosphors hauptsächlich nach dem Einschmelzen beim Beginn des Rührens eintritt, während bei stärkerer Hitze im weiteren Verlauf des Prozesses der Phosphor wieder aus der Schlacke reduciert wird. Bells Verfahren bestand nun darin, das flüssige Roheisen in einem trogartigen Behälter mit eisenoxydreichen Körpern, wie Hammerschlag, Frischschlacke, Eisenerze u. s. w., zu mischen. Der oscil-

[1]) Siehe Zeitschrift des Berg- und Hüttenmänn. Vereins für Steiermark und Kärnten 1879, S. 413.

[2]) Dingler, Polyt. Journ. 1883, III, S. 440.

[3]) Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1883, S. 209.

Digitized by Google

lierende Trog war etwa 4 m lang und wurde durch Schwinghebel in zwei Zapfen hin- und herbewegt. Die eisenoxydhaltigen Zusätze waren gut vorgewärmt, der Apparat machte in zehn Minuten 60 bis 80 Schwingungen. Nach dem Schmelzen wurde die phosphorsäurehaltige Schlacke ablaufen gelassen. Bei grauem Clevelandeisen ging hierbei der Phosphorgehalt von 1,50 Prozent auf 0,22 Prozent, der Siliciumgehalt von 1,80 Prozent auf 0,05 Prozent herab. Der Zusatz von gerösteten Clevelanderzen betrug etwa 50 Prozent. Das Puddeln des gereinigten Eisens sollte dann in einem Ponsardofen oder einem sonstigen rotierenden Ofen erfolgen.

Die Verwendung eisenoxydhaltiger Zusätze für die Reinigung des Eisens war durchaus nicht neu. H. Bessemer hatte längst Versuche gemacht, das Eisen durch solche Zuschläge oder durch eisenoxydhaltige Konverterfutter zu reinigen. Ebenso hatte W. Siemens 1863 derartige Futter auf Le Chateliers Rat angewendet. Wedding empfahl 1865 den Zusatz basischer Eisenschlacken als Reinigungsmittel.

Gleichzeitig mit Bells Verfahren wurde die von Fr. Krupp 1877 patentierte Entphosphorung des Roheisens bekannt. Der Prozefs war von den Ingenieuren Th. Narjes und Dr. August Bender erfunden[1]) und ausgebildet worden und beruhte auf der Einwirkung der Oxyde von Eisen und Mangan auf flüssiges, manganhaltiges Roheisen. Von Bells Verfahren unterscheidet es sich ganz besonders durch die Verwendung oder Zusatz von manganhaltigem Eisen und sollte das Mangan einesteils den Kohlenstoff vor Oxydation schützen, andererseits das Manganoxydul als starke Base die Oxydation und Abscheidung des Phosphors befördern. Da die dem Verfahren zu Grunde liegenden Thatsachen bekannt waren, so zögerte die Regierung mit der Patenterteilung und ernannte eine besondere Prüfungskommission, die sich von der Neuheit der Ausführung überzeugte. Das Verfahren bestand darin, dafs man flüssiges Roheisen vom Hochofen in Chargen von 5 Tonnen auf einen rotierenden Pernotofen, dessen eiserne Wände mit einem Futter von reichen manganhaltigen Eisenerzen ausgekleidet waren, brachte, und, während derselbe rotierte, noch Zuschläge von eisenoxydreichen Stoffen einwarf. Die Charge verlief in 15 Minuten und wurde das entphosphorte Metall mit

---

[1]) „Auf Grund der in der Berliner Bergakademie gehörten Vorträge der Eisenhüttenkunde, worin die Hindernisse der Entphosphorung auseinandergesetzt und der Weg zur Erreichung derselben durch Anwendung von Schlackenfutter angedeutet war“ schreibt Wedding.

Digitized by Google

siliciumreichem Roheisen vermischt in die Bessemerbirne oder den Siemens-Martinofen abgestochen. Ein Reinigungsofen genügte für 12 Siemens-Martinöfen. Der Prozeſs wurde zuerst in Essen fabrikmäſsig betrieben, doch nur wenig länger als zwei Jahre (1878 bis 1880), indem er dann von dem Thomasverfahren verdrängt wurde. Dagegen wurde das Verfahren in Nordamerika in den achtziger Jahren mit Erfolg eingeführt und hat sich der Kruppsche „Waschprozeſs“, wie er genannt wurde, dort länger erhalten. Zuerst geschah dies in Ohio. Der Prozeſs selbst erfuhr verschiedene Abänderungen. Bereits in Essen hatte man nicht ohne Erfolg versucht, das Roheisen in einem mit basischem Futter von Eisenerz, Bauxit, Magnesia und Kohlenschiefer ausgekleideten Kupolofen zu reinigen. Dieser Ofen hatte gekühlte Wände und einen fahrbaren Vorherd.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika waren Krupps Waschöfen (washers) 1886 auf vier Werken in Gebrauch. Eine Eisenhütte zu Youngtown bei Cleveland erzeugte drei nach dem Phosphorgehalt unterschiedene Sorten von „Krupp-Metall“: I mit 0,01, II mit 0,02 bis 0,03 und III mit 0,05 bis 0,06 Prozent Phosphor. In Springfield, wo man zuerst Krupps Verfahren eingeführt hatte, setzte man Chargen von 10 Tonnen in den Waschofen ein. Das entphosphorte Eisen wurde in zwei Martin-Pernotöfen zu 15 Tonnen weiter verarbeitet.

Auf den Cambria-Eisenwerken bei Johnstown verarbeitete man Chargen von 6 bis 8 Tonnen. Die Herdsohle des Ofens, die 4,4 m inneren Durchmesser hatte, war aus Hämatit vom Oberen See, der nur 0,04 Prozent Phosphor enthielt, hergestellt. Der Zuschlag bestand aus 1 Prozent des Roheisens an Kalk und 14 Prozent Erze und Walzschlacke; derselbe wurde gut vorgewärmt. Der Prozeſs dauerte 25 Minuten und wurden dem Roheisen 70 bis 85 Prozent seines Phosphors entzogen, indem das eingesetzte Eisen 0,10 bis 0,15 Prozent, das gereinigte 0,02 Prozent Phosphor durchschnittlich enthielt.

Das Roheisen wurde in einem Kupolofen eingeschmolzen, floſs von da in den Wascher; aus diesem wurde es in eine Pfanne abgestochen, aus der es in Massel gegossen wurde. Man machte in der Regel nur 6 Chargen zu 6 Tonnen in 24 Stunden, weil das Reinigen des Herdes immer viel Zeit kostete. Der Aufgang an Erzen für Ofenfutter und Zuschläge wechselte von 1 bis 2 Tonnen für die Charge. Der Abbrand betrug 5 bis 6 Prozent, der Kohlenverbrauch 225 bis 270 kg auf die Tonne. Das Produkt hieſs Waschmetall (washed metal). 1890 war das Verfahren auf den Cambrawerken noch im Gange.

Andere Vorschläge für die Entphosphorung durch einen vorbereitenden Prozefs schliefsen sich teils dem Kruppschen, teils dem 1878 erfundenen Thomas-Verfahren an.

1879 schlug E. Williams vor, flüssiges Roheisen mit flüssigem Eisensinter, unter Zusatz von 20 Prozent reinem Sand, in einem Tiegel etwa eine Viertelstunde lang heftig zu schütteln. S. Kern in Petersburg machte Versuche mit diesem Verfahren[1]).

In ähnlicher Weise änderte Helmholtz das Kruppsche Verfahren ab, indem er einen dünnen Strom von Roheisen einem Strom geschmolzener, eisenoxydreicher Schlacke in einem Flammofen entgegenführte. Das entphosphorte, aber auch teilweise entkohlte Eisen sollte durch Überleiten über ein Bett von Kohle wieder gekohlt werden (D. R. P. Nr. 6078).

Brauns erlangte 1879 angeblich eine Abscheidung des Phosphors aus dem Roheisen bis zu 90 Prozent durch Schmelzen derselben in einem Kupolofen mit basischem Futter.

Die Entphosphorungsversuche der Guten Hoffnungshütte 1879 und von Jos. Beasley zu Pensnett in Staffordshire durch Zusätze im Puddelofen werden beim Puddelprozefs beschrieben werden.

Emil Andre wollte die Entphosphorung in einer Gufspfanne, die mit einem feuerfesten Futter aus rotgebranntem Dolomit mit schwefelsaurem Kalk als Bindemittel ausgekleidet war, bewirken. Aufserdem sollte beim Abstich gepulverter Braunstein durch einen Trichter in das Eisenbad eingetragen werden.

C. W. Hoepfner machte 1885 den nicht neuen Vorschlag, die Entphosphorung des Roheisens dadurch zu bewirken, dafs man es durch ein Filter aus Kalkziegel und Oxyden von Eisen und Mangan durchfliefsen liefs.

Einen anderen Weg empfahl 1879 Richard Brown, der die Entphosphorung durch Zusatz von doppelt-chromsaurem Kali zu dem geschmolzenen Roheisen bewirken wollte. Bei einem Phosphorgehalt bis 1,5 Prozent sollte ein Zusatz von $^1/_2$ Prozent des Salzes etwa $^3/_4$ Prozent Phosphor neutralisieren[2]).

M. H. Purdy in Brooklyn schlug (1883) Mennige, Bleiglätte oder Zinnober als Entphosphorungsmittel vor (D. R. P. Nr. 34946); Lindenthal empfahl einen Zusatz von $^1/_{10}$ Prozent Aluminium.

---

[1]) Siehe Iron XIII, Nr. 320.
[2]) Daselbst XIV, Nr. 351.

Digitized by Google

Seit der Einführung des Thomasverfahrens wendete man der **Entschweflung** des Roheisens, welche man bis dahin durch hohen Kalkzuschlag im Hochofen oder gleichzeitig mit der Entphosphorung erstrebt hatte, besondere Aufmerksamkeit zu, weil die Abscheidung des Schwefels beim Thomasieren nur eine unvollkommene war. Infolge dessen bildeten sich auch für diesen Zweck besondere vorbereitende Reinigungsprozesse, die dem eigentlichen Frischen vorausgingen, aus. Auch hierbei waren es wieder besonders zwei Verfahren, die eine praktische Wichtigkeit erlangt haben, die Entschweflung von Rollet (1881) und die des Hörder Bergwerks- und Hüttenvereins im sogenannten „Mischer".

Antoine Rollet zu Creuzot führte 1881 sein Entschweflungsverfahren (D. R. P. Nr. 14 647), welches auf der Einwirkung einer sehr kalkreichen Schlacke bei hoher Temperatur begründet war, auf dem Eisenwerk Givors in Frankreich ein. Er schmolz das Roheisen in einem mit basischem Futter ausgekleideten Kupolofen unter Zuschlag von Kalk oder Dolomit und Flufsspat, um erstere flüssig zu machen, ein. In der Folge[1]) versah er den Kupolofen mit mehreren Reihen Formen übereinander, von denen die unteren in den Herd geneigt waren. Er kleidete den Ofen mit einem Magnesitfutter aus und erhitzte den Wind auf 400° C. Hierbei erhielt er in 24 Stunden 60 bis 75 Tonnen gereinigtes Eisen von weifsem Bruch und poröser, schwammiger Textur. Die dabei fallende gelblich-weifse Schlacke enthielt bis zu 90 Prozent des in dem Roheisen enthaltenen Phosphors als Phosphorsäure und einen grofsen Teil des Schwefels als Schwefelmetall. Das kohlenstoffarme gereinigte Produkt wurde im sauren Herdofen anderem Roheisen zugesetzt und zu Flufseisen oder im Puddelofen zu Schweifseisen verarbeitet. Nach Rollet konnte man auch die Reinigung im Flammofen unmittelbar vornehmen, mufste dann aber die phosphor- und schwefelhaltige Schlacke vor Eintritt der Entkohlung entfernen.

Das Hörder Verfahren der Abscheidung des Schwefels, auf welches der Hörder Bergwerks- und Hüttenverein am 20. Mai 1890 ein Patent (D. R. P. Nr. 54 976) erhielt, beruht auf der Wirkung des Mangans auf Schwefeleisen. Mischt man schwefelhaltiges Roheisen mit manganhaltigem, so scheidet sich bei längerem Stehen eine schwefel- und manganreiche Schlacke ab.

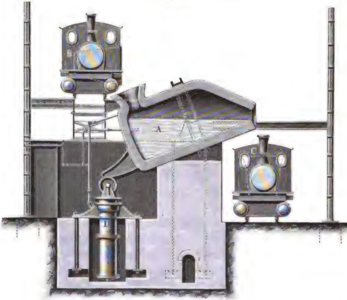
---

[1]) Vortrag von Rollet bei dem Meeting des Eisen- und Stahl-Instituts in London, Mai 1890; siehe Stahl und Eisen 1890, S. 516.

Digitized by Google

Das Verfahren[1]), um dessen Ausbildung sich **Gustav Hilgenstock** besonderes Verdienst erworben hat, besteht erstens darin, dafs man flüssiges, schwefelhaltiges Roheisen in einem besonderen Behälter, dem sogenannten Mischer, Fig. 242, mit heifsflüssigem Manganeisen versetzt und dann das Eisenbad sich so lange selbst überläfst, bis das durch eintretende Reaktion gebildete Mangansulfid als Schlacke ausgeschieden ist; zweitens durch Verarbeitung der so erhaltenen

Fig. 242.



manganreichen Schlacken durch reducierendes Schmelzen mit Kalk. Im grofsen führt man die Schwefelabscheidung im Mischer in der Weise aus, dafs man, wenn mehrere Hochöfen betrieben werden, einen auf manganreicheres Eisen gehen läfst und die Abstiche aus den verschiedenen Öfen mischt, anderenfalls schmilzt man manganreicheres Eisen, Spiegeleisen oder Ferromangan im Kupolofen ein. In obiger Abbildung werden die Abstiche in Pfannen durch eine Lokomotive *B* dem Mischer *A* zugeführt und in diesen gekippt. Der Mischer, der in seiner Gestallt einem Konverter in geneigter Lage gleicht, wird

[1]) Siehe P. Tunner, Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1891, S. 205; Stahl und Eisen 1891, S. 798; 1893, S. 455.

dann nach Beendigung der Abscheidung in tiefer stehende Pfannenwagen *C*, die ebenfalls durch Lokomotiven zu- und abgefahren werden, entleert, indem der Mischer durch hydraulischen Druck gekippt wird. Dieses Verfahren, das sich als sehr praktisch bewährt hat und jetzt auf den meisten gröfseren Stahlwerken eingeführt ist, wurde zuerst in weiteren Fachkreisen durch einen von Direktor Massenez von Hörde bei der Versammlung des Iron and Steel Instituts 1891 gehaltenen Vortrage bekannt. In dem von ihm vorgeführten Falle der Entschweflung von Thomasroheisen durch Ferromangan enthielt die Schlacke im Mischer 28,01 Prozent Mangansulfid[1]). Der Mischer fafste 70 Tonnen. Massenez empfahl aber, ihm einen Fassungsraum von 120 Tonnen zu geben. Das Eisen, welches mehrere Stunden flüssig bleibt, stand 15 bis 20 Minuten im Mischer. Aus der Abnahme des Mangangehaltes kann man auf die Menge des Schwefelgehaltes schliefsen. Bei 1 Prozent Mangan im Roheisen ist der Schwefelgehalt durchschnittlich 0,9 Prozent.

Der Hörder Verein liefs sich 1892 auch den umgekehrten Prozefs, nämlich die Abscheidung von Mangan durch Zusatz von Schwefeleisen, patentieren (D. R. P. Nr. 67 978).

Von weiteren Entschweflungsmethoden ist noch der von H. W. Saniter[2]) in Wigan 1892 angegebene und ausgeführte Prozefs (D. R. P. Nr. 73 782), der darin besteht, dafs das flüssige Eisen mit einer Mischung von Chlorcalcium und Ätzkalk oder Kalkstein in Berührung gebracht wird, erwähnenswert. Dies sollte in der Gufspfanne, auf deren Boden das Gemisch ausgebreitet war, vorgenommen werden. Die angestellten Versuche verliefen aber ungünstig. Am 20. Juni 1893 nahm Saniter ein Zusatzpatent, wonach die Mischung neben Chlorcalcium auch Fluorcalcium enthalten sollte. Nach G. Hilgenstock[3]) ist aber auch diese Mischung nur wirksam bei gleichzeitiger Anwesenheit von Mangan. Der Saniterprozefs fand in vielen englischen Stahlwerken Anwendung und wurde 1894 auch von Krupp in Essen versucht.

Die Vorschläge von Bell und Wigan 1892[4]) und von De Vathaire[5]) 1894, die Entschweflung durch Zusatz alkalischer

---

[1]) Vergl. auch A. Krafft, „Betriebsergebnisse im Roheisenmischer“ in Stahl und Eisen 1896, S. 100.

[2]) Siehe Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1893, S. 353.

[3]) Siehe Stahl und Eisen 1893, S. 828.

[4]) Daselbst 1892, S. 647.

[5]) Daselbst 1894, S. 1052.

Cyanide zu bewirken, waren wegen der hohen Kosten im grofsen nicht ausführbar.

Das Frischen im offenen Herd.

Der Herdfrischprozefs spielte nur noch in den Ländern und Gebieten eine Rolle, wo aufserordentlicher Waldreichtum diesen Prozefs möglich und für die Verwertung des Holzes sogar notwendig machte, oder wo man mit Vorteil durch dieses Verfahren ein besonderes Qualitätseisen erzeugte. In der klassischen Heimat des Frischprozesses, in den österreichischen Alpenländern, hatte der Puddelprozefs den Frischprozefs so sehr verdrängt, dafs z. B. in Kärnten 1871 von 292 Frischfeuern und 295 Hammerschlägen nur noch je 18 im Betriebe waren. In Deutschland wurde damals nur noch eine Frischhütte mit zwei Feuern zu Hammerau betrieben.

Dagegen war in Schweden, in dem Uralischen Rufsland und in einigen Gebieten von Nordamerika dieses Verfahren noch von Bedeutung. Ganz besonders gilt dies für Schweden, wo im Jahre 1871 mit 827 thätigen Herden 4414510 Centner (187692650 kg) Stabeisen von 6073 Arbeitern gemacht wurden. Hier hatte man noch ein grofses Interesse daran, den Frischprozefs zu vervollkommnen und ökonomischer zu gestalten. Deshalb stammen die Verbesserungen desselben in dieser Periode fast alle aus Schweden. Namentlich hat die Lankashire-Frischmethode in Verbindung mit Lundinschen Schweifsöfen zum Ausheizen dort weitere Vervollkommnung erfahren. Auch in den Vereinigten Staaten von Nordamerika hatte die Lankashireschmiede die alten deutschen Frischfeuer an den meisten Orten verdrängt. 1875 zählte man noch 59 Frischhütten (Bloomaries) mit 206 Frisch- und 41 Materialfeuern, welche eine Produktionsfähigkeit von 60200 Tonnen hatten. Die wirkliche Erzeugung betrug aber 1873 nur 26940 Tonnen, 1874 22877 Tonnen und 1877 21845 Tonnen.

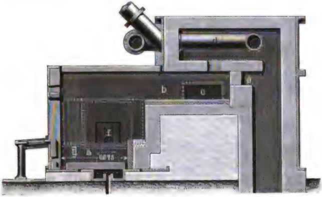
Eine grofse Konkurrenz erwuchs dem Frischschweifseisen als Materialeisen für die Draht- und Weifsblechfabrikation durch das vorzügliche weiche Eisen des basischen Konverter- und Flammofenprozesses, dem Thomas- und basischen Martineisen.

Von Verbesserungen des Frischprozesses erwähnen wir ein von L. M. Lindberg zu Kohlsva in Schweden 1881 versuchtes Verfahren, auf die schlackenfreie Oberfläche des im Herde eingeschmolzenen Roheisens Wind zu blasen, wie in einem Treibherde. Von gröfserer praktischer Bedeutung waren die Verbesserungen des Lankashireherdes,

Digitized by Google

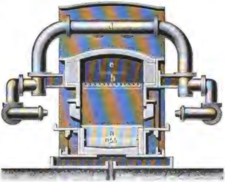
den man mit zwei Formen, je eine auf den gegenüberliegenden Langseiten, versah, wie es in Fig. 243, 244[1]) dargestellt ist. Dadurch konnte man gröfsere Einsätze in kürzerer Zeit mit weniger Holzkohlen frischen.

Fig. 243.



J. A. Forsberg ging in dieser Richtung noch weiter, indem er 1883 den dreiförmigen schwedischen Herd erfand, bei dem noch eine dritte Form in der Hinterwand angebracht und die Brustseite geschlossen war. Das Aufgeben geschah durch einen Fülltrichter. Der Wind strich durch die doppelten Ofenwände über den Herd, wodurch er erwärmt wurde und zugleich die Wände kühlte und dadurch schützte[2]).

Fig. 244.



Eine weitere Verbesserung Forsbergs, die er zu Kallinge einführte, bestand darin, dafs er den Herdboden mittels Bodenschrauben verstellbar machte. Die Qualität des Produktes fiel in dem dreiförmigen Herd besser als in dem zweiförmigen aus und waren dabei weniger geschickte Arbeiter erforderlich.

[1]) Nach J. von Ehrenwerth, Das Eisenhüttenwesen in Schweden. Leipzig 1885.

[2]) Siehe Jern Kontorets Annal. 1883; Stahl und Eisen 1886, S. 314.

Digitized by Google

Die Brennmaterialersparnis betrug 15 bis 20 Prozent und die Arbeit verlief rascher. Solche dreiförmigen Herde wurden zu Hult und Niby erbaut.

1885 liefs sich Forsberg einen vierförmigen Frischherd patentieren. Es war dies ein Doppelherd mit zwei Arbeitsöffnungen und je zwei Formen auf jeder Langseite. Ein nach diesem Patent erbautes Frischfeuer zu Stridberg erwies sich aber nicht besser als der dreiförmige Herd. Zu Bofors waren 1885 20 vierförmige Frischfeuer in Betrieb.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika machte man in Lankashire-Frischherden besonders Eisen für die Cementstahlfabrikation. Man umgab das Feuer mit doppelten Wänden aus Blech, die für Wasserkühlungen dienten, wodurch die Frischer weniger durch die Hitze zu leiden hatten.

Während in den Vereinigten Staaten die Frischeisenerzeugung immer mehr verschwand, erhielt sie sich in Schweden auf ihrer Höhe. 1891 betrug die Schweifseisenerzeugung daselbst rund 195000 Tonnen, davon waren 182000 Tonnen Herdfrischeisen, wovon der weitaus gröfste Teil in Lankashire-Feuern mit ein bis drei Formen erzeugt war. Bei etwa 100 bis 180 kg Einsatz und 114 bis 120 kg Vorwage und 4 bis 7 hl Kohlenverbrauch wöchentlich wurden 14 bis 16 Tonnen Frischluppen erzeugt. Die Einsätze wurden aus weifsem und halbiertem Roheisen gemischt und das fertige Produkt in vier Klassen sortiert: a) für schwere Radreifen, Schieneneisen; b) für Stangeneisen; c) für leichte Radreifen und Schienen; d) für Extraqualität (geschweifste Zaggl) zur Erzeugung von Hufnageleisen und Drahtstangen [1]).

Der Puddelprozefs oder das Flammofenfrischen.

Auch das Flammofenfrischen oder Puddeln war um 1871 bereits relativ im Rückgang begriffen, wenn auch seine Erzeugung noch im Steigen war. Das Bessemerflufseisen verdrängte das Schweifseisen überall da, wo es sich um ein hartes, festes Material handelte; so namentlich in dem wichtigsten Zweige der Walzindustrie der Schienenfabrikation.

Auch das Siemens-Martin-Verfahren begann dem Puddeleisen empfindliche Konkurrenz zu bereiten. Dagegen behauptete sich das

---

[1]) Siehe J. von Ehrenwerth, Das Berg- und Hüttenwesen auf der Weltausstellung in Chicago, Wien 1895, S. 110.

Digitized by Google

Puddeleisen siegreich, wo es sich um Weichheit und Schweiſsbarkeit handelte und in letzterer Eigenschaft erwies es sich dem Fluſseisen so überlegen, daſs man ihm mit dem Herdfrischeisen zusammen den Gruppennamen „Schweiſseisen“ im Gegensatz zu dem in flüssigem Zustande erhaltenen Fluſseisen beilegte. Auch zeigte der Puddelprozeſs noch darin einen Vorteil, daſs man mit ihm phosphorhaltiges Roheisen besser zu einem brauchbaren Produkt verarbeiten konnte, indem der Phosphor bei Gegenwart von reichlicher, garer Schlacke aufgelöst und abgeschieden wurde. Infolge dieser Vorzüge nahm die gesamte Puddeleisenproduktion in den Jahren 1871 bis 1880 an Umfang zu. In England betrug die Zahl der betriebsfähigen Puddelöfen: 1861: 4147, 1875: 7574, 1885: 4902, 1886: 4246. Ihr absolutes Maximum erreichte die Schweiſseisenproduktion im Jahre 1882 mit 9135 kt, doch wurden in diesem Jahre bereits 6199 kt Fluſseisen erzeugt. Während das relative Verhältnis von Schweiſseisen zu Fluſseisen 1870 noch 90 : 10 war, hatte 1888 die Fluſseisenfabrikation die Schweiſseisenproduktion bereits überflügelt.

Von 1882 an sank die Schweiſseisenerzeugung in England und den Vereinigten Staaten, während sie in Deutschland noch steigend blieb bis 1889, seitdem ist auch hier ein merklicher Rückgang eingetreten. Die relative Abnahme in Deutschland von 1877 bis 1894 ergiebt sich aus folgender Zusammenstellung:

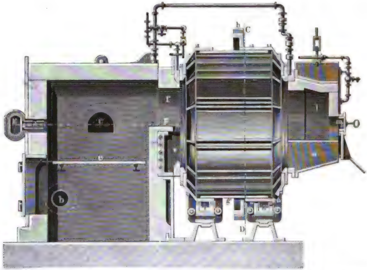
Jahr	Erzeugung				
	Schweiſseisen		Fluſseisen		Zusammen
	kt	Prozent	kt	Prozent	kt
1877	1083	72	411	28	1494
1882	1586	60	1075	40	2661
1887	1625	48	1738	52	3363
1891	1481	39	2562	61	4043
1894	1139	24	3641	76	4780

Der Rückgang der Schweiſseisenerzeugung in der zweiten Hälfte unseres Zeitabschnitts, seit 1882, war eine Folge der Erfindung des basischen Verfahrens durch Thomas und Gilchrist, welches sowohl im Konverter wie im Siemens-Martinofen mit basischem Futter ein phosphorarmes, weiches Material lieferte, das, auſser an Schweiſsbarkeit, das Puddeleisen in jeder Hinsicht übertraf. Ehe der Thomasprozeſs erfunden war, konnte man sich noch der Hoffnung hingeben, daſs sich das Puddeleisen, wenn auch auf beschänkterem Gebiete wie früher,

siegreich gegen das Fluſseisen behaupten würde und man hoffte, durch Verbesserungen im Betriebe dies um so mehr zu erreichen. In dieser Richtung wurden besonders in den siebziger Jahren bedeutende Anstrengungen gemacht. Groſse Hoffnungen setzte man damals auf das mechanische Puddeln.

Schon in den vorausgegangenen Jahrzehnten hatte man Versuche gemacht, die mühselige und teure Handarbeit des Puddelns durch mechanischen Betrieb zu ersetzen. Tunner und andere Autoritäten

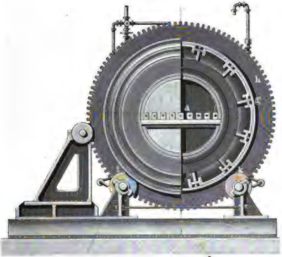
Fig. 245.



hatten diese Versuche vom Standpunkte der Menschlichkeit begrüſst, indem sie die anstrengende Puddelarbeit geradezu für menschenunwürdig erklärten. Die Erfolge waren aber bis zum Jahre 1870 sehr gering gewesen. Da zog im Jahre 1871 ein von Samuel Danks in den Vereinigten Staaten eingeführter rotierender Puddelofen die Aufmerksamkeit auf sich und hoffte man, in ihm die Lösung des Problems gefunden zu haben. Die Idee war nicht neu. 1853 hatten bereits Walker & Warren, 1856 W. Beatson und H. Bessemer, 1859 W. H. Tooth und 1861 Tooth und Yates Patente auf rotierende Puddelöfen genommen. 1869 trat Danks mit seinem Ofen auf und es gelang ihm, denselben auf einigen bedeutenden Werken in den Vereinigten Staaten einzuführen. Er reiste 1871 nach England, um dort für seine Erfindung zu wirken und er

erweckte durch einen Vortrag in dem neugegründeten Iron and Steel Institute ein so lebhaftes Interesse dafür, dafs der Verein eine Kommission, bestehend aus den Sachverständigen John A. Jones, John Lester und Geo. J. Snelus, nach Amerika entsandte, um die rotierenden Öfen von Danks zu studieren und mit englischen Eisensorten, und zwar mit Dowlais-, Coneygree-, Butterly-, Cleveland- und spanischem Roheisen Versuche darin anzustellen. Die Kommission besuchte die Railway Iron Works zu Cincinnati, wo damals neun Danksöfen im Gange waren, von denen acht ständig betrieben wurden, während einer als Reserve diente. Desgleichen

Fig. 246.



waren in den Roane Iron Works zu Chattanooga, Tennessee, damals bereits neun Danksöfen errichtet. Die Kommission erstattete einen sehr günstigen Bericht, dem Snelus noch eine besondere Abhandlung, in der er den Verlauf des Prozesses wissenschaftlich erklärte, folgen liefs. Dies bewirkte, dafs man alsbald auch in England die rotierenden Öfen von Danks einführte. Hopkins, Gilkes & Co. auf dem Vulkaneisenwerk erwarben sich (1872) um die Sache grofses Verdienst.

Ehe wir die Geschichte der Danksöfen weiter verfolgen, wollen wir eine kurze Beschreibung derselben geben. Aus den Fig. 245, 246 ersehen wir, dafs nur der mittlere Teil, ein Cylinder, der aufsen mit einem Zahnkranz versehen ist und auf Rollen läuft, beweglich ist, während die Feuerung mit der Feuerbrücke und der Fuchs, durch

Digitized by Google

den der Drehherd mit der Esse in Verbindung steht, fest stehen. Die Feuerung ist ein einfacher Planrost für Steinkohlen, doch wendete man zur Regulierung des Feuers Unterwind (durch *b*) und Oberwind (durch *a*) an. Der Drehmechanismus des cylindrischen Herdes ist aus der Zeichnung ersichtlich. Der eiserne Drehofen hat einen inneren Durchmesser von 1,65 m, die beiden konischen Öffnungen von 1 m. Die Länge des Cylinders ist 0,85 m. Die konischen Enden auf beiden Seiten sind durch zwei durch Wasser gekühlte Ringe abgeschlossen. Ebenso sind Feuerthür und Feuerbrücke mit Wasserkühlung versehen. Der aus eisernen Platten zusammengesetzte Drehcylinder ist innen mit vorspringenden Rippen versehen, um das Ofenfutter zu halten. Die Herstellung dieses Futters war von besonderer Wichtigkeit. Man unterschied Unterfutter (initial lining) und Decke (fix). Das Unterfutter bestand aus einem mit Wasser angerührten Gemisch von feuerfestem Thon und Erz, das in teigartigem Zustande $^4/_5$ Zoll dick aufgetragen und festgestampft wurde; alsdann wurde es mit Holzfeuer abgetrocknet. Eingeworfener Hammerschlag erzeugte eine Art Glasur. Hierauf wurde die Decke (fix) aus einem Gemenge von Kiesabbränden (fettling) und geröstetem Kohleneisenstein (pottery-mine), dem zuletzt noch reiches Eisenerz zugesetzt wurde, in fünf Abteilungen, bis die ganze Oberfläche von fix bedeckt war, aufgeschmolzen. Am meisten haben sich zur Herstellung des Futters reine Roheisensteine von Bilbao, Marbella in Spanien und von Iron Mountain in Missouri bewährt, weniger Ilmenit und andere Titaneisenerze, die im Anfang empfohlen wurden. Da das Roheisen beim Frischen den nötigen Sauerstoff hauptsächlich aus dem Futter zieht, so leidet dieses sehr und muſs fortwährend durch Erzzusatz erneuert werden. Dieser betrug in England für einen Ofen von 320 kg Einsatz 2 bis $2^1/_2$ Tonnen in 11 Stunden.

Infolge dieser Reduktion von Eisen aus dem Futter war das Ausbringen gröſser als der Einsatz. Anfangs schmolz man das Roheisen im Drehofen selbst ein. Beispielsweise betrug ein Einsatz in England 280 kg Coneygree-Roheisen. Derselbe war nach 60 Minuten eingeschmolzen, nach 65 Minuten wurde Schlacke abgestochen, nach 70 Minuten konnte die Luppe ausgezogen werden, die 317 kg wog. Das Einschmelzen des Roheisens im Drehofen war aber aus verschiedenen Gründen unvorteilhaft. Es kostete viel Zeit und Brennmaterial und die ungeschmolzenen Stücke beschädigten beim Drehen das Futter. Deshalb gab man es sehr bald auf und brachte das in einem Kupolofen geschmolzene Roheisen flüssig in den Danksofen.

Digitized by Google

Der chemische Verlauf des Prozesses wurde von Snelus durch zahlreiche Analysen erläutert, aus denen hervorging, dafs Phosphor und Silicium besser abgeschieden wurden, wie im Puddelofen, während Lester und Jones genaue Berechnungen über die ökonomischen Resultate anstellten. Diese Berichte sind in Weddings Handbuch der Eisenhüttenkunde (Bd. III, S. 315) ausführlich mitgeteilt und genügt es, auf dieselben zu verweisen.

Die Mitglieder der Kommission erklärten Danks Frischverfahren für einen Erfolg. Das im Drehofen erhaltene Eisen sei besser als das mit der Hand gepuddelte und wenn auch die Anlagekosten teurer seien, so sei der Betrieb billiger. Ein Danksofen sollte drei Puddelöfen ersetzen.

In England wurde der erste Versuchsofen zu Crewe errichtet, sodann wurde eine grofse Anlage von Hopkins, Gilkes & Co. auf den Tees-Side-Eisenwerken bei Middlesborough erbaut. Die günstigen Berichte veranlafsten auch die belgischen Eisenindustriellen, zwei Delegierte, die Ingenieure Leopold Taskin und Victor Tahon, zum Studium des Danks-Prozesses zu Hopkins, Gilkes & Co. nach Middlesborough zu schicken. Diese sprachen sich ebenfalls lobend aus. Nach ihren Angaben ersetzen 12 Danksöfen zu 150 000 Francs 40 Puddelöfen zu 170 000 Francs. Allerdings kostet eine Anlage von 12 Danksöfen mit den zugehörigen Zängevorrichtungen 328 000 Francs, eine entsprechende Puddelofenanlage 318 000 Francs.

Das neue Verfahren erschien um so vorteilhafter, als die Arbeitslöhne damals einen sehr hohen Stand erreicht hatten, weshalb ein Ersatz durch Maschinenarbeit angezeigt war. Wenn trotz alledem der Danksprozefs bis 1873 nur geringe Verbreitung fand, so lag dies an den hohen Licenzgebühren, welche Danks für seine Drehöfen verlangte. Sie betrugen für Amerika 1 Dollar für die Tonne. Für England hatte er sie zwar auf 2 Schilling für die Tonne ermäfsigt, doch war auch dies noch zu hoch. Nachdem Danks dies erkannt hatte, zog er 1873 sein Patent zurück und begnügte sich mit einer billigen Abfindung von Fall zu Fall. Daraufhin entstanden 1873 mehrere grofse Anlagen für Danksöfen, so auf den Erimuswerken bei Middlesborough und auf den Carltonwerken bei Stockton on Tees.

Auf dem Kontinent waren dagegen, trotz der allgemeinen Aufmerksamkeit, welche das Verfahren besonders seit der Wiener Weltausstellung auf sich gezogen hatte, die Erfolge gering, weil es bei den billigen Arbeitslöhnen und dem teuren Bezug der Futtererze im Betriebe kostspieliger als das alte Verfahren war. Aber auch

in England wurden die Erwartungen nicht erfüllt. Bei den günstigen Betriebsberechnungen von Lester und Jones waren die Reparaturkosten viel zu niedrig veranschlagt. Diese waren sehr hoch nicht nur für den Drehmechanismus, als noch mehr für die rasche Zerstörung des Ofenfutters. Auſserdem erforderten die groſsen Luppen viel stärkere Zänge- und Walzvorrichtungen als der gewöhnliche Puddelbetrieb.

Man bemühte sich, Verbesserungen anzubringen. Das Roheisen in geschmolzenem Zustande einzutragen und zu verfrischen, war zwar billiger, wirkte aber infolge des raschen Verlaufs nachteilig auf die Qualität. Wood in Middlesborough verbesserte 1874 dieselbe dadurch, daſs er das Eisen in granuliertem Zustande aufgab und einschmolz. Bodmer zerkleinerte das Roheisen heiſs zwischen Walzen. Dennoch wurden bereits 1874 in Staffordshire verschiedene Danksöfen wieder kalt gestellt, weil die häufigen Reparaturen und Störungen kein ersprieſsliches Arbeiten gestatteten. Auch in den Vereinigten Staaten ersetzten die Roane-Eisenwerke zu Chattanooga ihre zehn Danksöfen wieder durch Puddelöfen. Dagegen war man auf den Carlton- und Erimus-Eisenwerken in England mit dem Betrieb mit granuliertem Roheisen zufrieden; 1875 wurden auf den Erimuswerken wöchentlich 1000 Centner Luppeneisen in Danksöfen erzeugt. Ebenso erzielte Heath in North-Staffordshire angeblich gute Resultate.

Ein Nachteil war die Gröſse und die Ungleichmäſsigkeit der Luppen. Der ganze Einsatz gab nur eine Luppe. Versuche, dieselben zu teilen, hatten sich nicht bewährt. Ebenso war die Dickflüssigkeit der Schlacke ein Miſsstand.

In den Vereinigten Staaten erwarb sich John T. Williams, Direktor der Mill-Vale-Hütte bei Pittsburg, Verdienste um die Verbesserung der Danksöfen, die er erst für dauernden Betrieb tauglich gemacht hat. Es gelang ihm, die Chargendauer auf 50 Minuten abzukürzen. Die Verbesserungen bezogen sich auf Abänderung des runden Querschnitts in einen elliptischen, Wasserkühlungen, auf den besseren Anschluſs des Drehofens an Fuchs und Feuerbrücke und auf die Feuerung. Gegen Ende der siebziger Jahre hatte sich die Zahl der Danksöfen in den Vereinigten Staaten und in England bereits sehr vermindert. Am längsten setzten die Otis-Eisenwerke bei Cleveland (Ohio) den Betrieb zur Erzeugung von Qualitätseisen fort. Die Drehöfen waren 2 m lang und 2 m im Durchmesser aus Stahlplatten zusammengesetzt. Es wurden 1882 10 bis 12 Tonnen Eisen

Digitized by Google

in 12 Stunden verarbeitet. 1884 wurden sogar täglich 27 bis 30 Tonnen in den Danksöfen gefrischt.

Bald nachdem der rotierende Ofen von Danks die Aufmerksamkeit der Eisentechniker auf sich gezogen hatte, entstanden eine Anzahl ähnlicher Konstruktionen, die zwar noch weniger einen dauernden Erfolg hatten, wie der erstgenannte, aber doch Erwähnung verdienen.

William Seller in Philadelphia liefs sich 1872 einen Drehofen patentieren, der mit den ältesten Öfen dieser Art, dem Östlundschen Drehtopf (s. Bd. II, S. 862), insofern Ähnlichkeit hatte, als das Schmelzgefäfs nur eine Öffnung zum Ein- und Austritt der Flammen hatte. Er wurde in Europa besonders durch die Wiener Weltausstellung, wo Seller ein gangbares Modell vorführte, bekannt[1]). Die um eine horizontale Achse drehbare Birne war mit einer kontinuierlichen Regenerativ-Gasfeuerung versehen. Der Ofen ruhte auf einem dreirädrigen Fahrgestell, wodurch er sich leicht entfernen liefs. Auf den Edge-Moore-Eisenwerken wurden 14 dieser Öfen errichtet. Sie waren genial in der Konstruktion, aber zu teuer. 1878 wurden noch einige nachträgliche Verbesserungen in Bezug auf das Ein- und Austragen des Metalles und die Erwärmung von Wind und Dampf angebracht; seitdem verlautete nichts mehr über diese Drehöfen.

Eine andere Konstruktion, die auf der West-Hartlepool-Hütte in England ausgeführt wurde, rührte von Adam Spencer her. Dürre bezeichnet sie als Drehkiste. Der Ofen hatte die Gestalt eines vierseitigen Prismas. Die Seitenwände bestanden aus hohlen, eisernen Kästen. Dieselben wurden einzeln mit geschmolzener Puddelschlacke ausgegossen, dann zusammengesetzt, erhitzt und mit flüssiger Puddelschlacke zusammengekittet. Die Drehachse fiel nicht mit der Achse des Hohlraumes zusammen, indem zwar zwei Wände mit der Drehachse parallel, zwei dagegen geneigt waren. Dadurch entstand bei der Drehung ein Hin- und Herfliefsen der geschmolzenen Masse und ein Zerreifsen der sich bildenden Luppe. Der Ofen lief auf Rollen. Er war noch komplizierter wie der von Danks und viel gröfser, nämlich 3 m lang bei einem Einsatz von 1 Tonne Roheisen.

Gröfseren Erfolg hatte eine Zeit lang Th. R. Cramptons Drehofen mit Staubkohlenfeuerung (Dust fuel furnace), der im März 1872 in England patentiert wurde (E. P. 1872, Nr. 931). Der Verbrennungsraum und der Schmelzraum waren bei ihm getrennt; durch

[1]) Beschreibung und Abbildung in Weddings Handbuch der Eisenhüttenkunde III, S. 306.

diese hintereinander liegenden Kammern bekam er eine langgestreckte Gestalt. Dieser Ofen arbeitete in dem Arsenal zu Woolwich mit gutem Erfolg. Er war 3,66 m lang und hatte 3,13 m äuſseren Durchmesser. Das Brennmaterial wurde zwischen Walzen zerkleinert, mittels eines Injektors zugeführt und zugleich mit der Gebläseluft in den Ofen getrieben. Man verpuddelte in 12 Stunden 8 Chargen zu 5 Centner bei kalt eingesetztem Roheisen. Es fielen groſse Luppen, die besonders für Geschützringe (coils) Verwendung fanden.

Später wurden die beiden Kammern des Drehofens vereinigt. 1875 sollten auf dem Strouſsbergschen Walzwerk bei Prag 16 Cramptonöfen errichtet werden, doch kam der Plan nicht zur Ausführung. Dagegen führten in demselben Jahr Fox, Head & Co. zu Newport bei Middlesborough solche Öfen ein. Sie hatten den gleichen Nachteil wie die Danksöfen, daſs man sehr groſse Luppen erhielt, die zu ihrer Verarbeitung viel stärkere Maschinen und Werkzeuge erforderten. 1879 befanden sich in England keine Cramptonöfen mehr in Betrieb.

1872 traten Howson und Thomas[1]) mit einem Drehofen an die Öffentlichkeit, der mehr für kleine Luppen dienen und den Vorteil bieten sollte, daſs man die vorhandenen Einrichtungen beibehalten könnte. Der Drehofen selbst war eiförmig oder aus zwei abgestumpften Kegeln zusammengesetzt und hatte ein Futter aus eisenreichen Erzen und Schlacken. Von einem Erfolg dieser Öfen ist nichts bekannt.

Bei dem früher erwähnten Hamoirprozeſs lieſs man das mittels Durchblasen heiſser Luftstrahlen gereinigte Roheisen ebenfalls in einen rotierenden Puddelofen laufen.

Im Jahre 1878 bewährte sich ein rotierender Ofen von Howson und Godfrey[2]) von Topfform mit schiefer Achse, ähnlich dem Östlundofen und mit einem Lötrohrgebläse, bestehend aus einem weiten Gasbrenner, an den ein kurzes Luftzuführungsrohr angeschlossen war, versehen. Der Brenner hatte 12 Mündungen und ermöglichte vollständige Verbrennung. Beim Puddeln hielt man die Temperatur niedrig; die Hitze sollte nur so groſs sein, daſs die Schlacken eben flüssig blieben. Hierdurch wurde die Abscheidung des Phosphors befördert. Auf mehreren Werken wurde dieser Ofen überhaupt nur zur Entphosphorung als Vorbereitung für das Bessemern benutzt. Die ersten Ver-

---

[1]) Siehe Journ. of the Iron and Steel Inst. 1872, p. 102.

[2]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1878, S. 161, Taf. III, Fig. 9 bis 12; Dürre, Neue Fortschritte des mechanischen Puddelns in Dinglers polyt. Journ., Bd. 228 (1878).

suche machten Bolkow und Vaughan. Dann führte ihn Lowthian Bell auf seinen Hütten zu Clarence für Chargen von 500 kg ein; hierauf fand er auch 1877 auf den Erimus- und auf den Britannia-Eisenwerken Verwendung.

1882 tauchte in den Vereinigten Staaten noch der rotierende Petroleum-Puddelofen von G. Duryce in New York[1]) auf. Damit war die Reihe der bemerkenswerten Drehöfen zu Ende.

Neben den Drehpuddelöfen erhielten sich in den siebziger Jahren auch noch verschiedene mechanische Puddler, d. h. durch Maschinen bewegte Rührkrücken. Zu Beginn der Periode waren in England drei Systeme in Übung, das von Whitham, von Griffith und von Stoker[2]). Alle drei waren für Doppelöfen. Whithams mechanischer Puddler ist in Weddings Handbuch der Eisenhüttenkunde (III, S. 292) beschrieben und abgebildet. Er war auf der Perseverancehütte bei Leeds eingeführt und verarbeitete Chargen von 15 Centner. Die schon ältere Konstruktion von Griffith war auf der Northfieldhütte bei Rhymney in Süd-Wales und auf dem Regent-Eisenwerk bei Bilston eingeführt. Harrison versah jede mechanische Rührkrücke mit einer eigenen kleinen Dampfmaschine, wie es schon Schafhäutl vorgeschlagen hatte. Dasselbe Princip befolgte 1874 Pickles mit seiner mit zwei Krücken versehenen Puddelmaschine, welche zu Kirksall Forge bei Leeds eingeführt und noch 1892 angewendet wurde. Sie ahmte ebenfalls möglichst genau die Handarbeit nach, bewährte sich aber ebensowenig wie die mechanischen Puddler mit Drehbewegung. Solche hatten zuerst Brooman 1866 und Darmoy 1872 konstruiert. Der Letztere sollte einfach durch einen umlaufenden Riemen in rasche Drehbewegung gebracht und von einem Arbeiter an einem Griff gelenkt werden.

Casson-Darmoy konstruierten hierzu noch einen besonderen Puddelofen, dessen Boden auf eisernen Kugeln, welche selbst wieder in einem mit Wasser gefüllten eisernen Kasten lagen, ruhte. Hierdurch war der Herd leicht nach allen Seiten drehbar. Ein Ofen dieser Art sollte dasselbe leisten, wie drei gewöhnliche Puddelöfen.

Solche Öfen waren in den Round-Oak-Eisenwerken in Betrieb und machten 1876 wöchentlich 90 Tonnen Luppeneisen mit einem Kohlenverbrauch von nur 16 Centner gegen sonst 30 Centner für die

---

[1]) Siehe Dingler, Polyt. Journ. 1883, III, S. 445.

[2]) Siehe Journal of the Iron and Steel Inst., Vol. I, 1872.

Tonne. Drei Öfen auf dem Trudhoe-Eisenwerk verbrauchten sogar nur 12 Centner[1]).

1876 erfand Espinasse zu Firminy einen Rührapparat. Er bestand aus einem senkrechten Rührer mit zwei Flügeln am unteren Ende, der durch das Ofengewölbe ging und das geschmolzene Roheisen umrührte. Wenn das Eisen dick wurde, verbrannte er leicht. Doch will man in Belgien gute Resultate damit erzielt haben.

1889 erfand Ant. von Kerpely jun. einen mechanischen Rührer mit Dampfbetrieb (D. R. P. Nr. 49100), der in Witkowitz eingeführt wurde. Erwähnenswert ist noch, dafs Richardsons hohle Krücke noch 1884 zu Parkhead-Forge bei Glasgow zur Herstellung von Qualitätseisen angewendet wurde.

Wichtiger waren die sogenannten Telleröfen, bei denen das mühselige Umrühren durch die Drehung des Herdes sehr erleichtert wurde. Solche waren schon früher von Bedson und von Maudslay in England angegeben worden. Bei diesen Öfen bewegte sich ein tellerförmiger Herd um seine vertikale Achse.

1873 brachte Joseph von Ehrenwerth einen solchen kreisförmigen Drehherd auf der Wiener Weltausstellung durch ein Modell zur Anschauung. An dem Herdkranz war ein Blechcylinder befestigt, der in ein mit Wasser gefülltes ringförmiges Bassin tauchte.

Während Ehrenwerths Tellerofen eine praktische Bedeutung nicht erlangte, trat im folgenden Jahre (1874) A. Pernot, Fabrikationschef von Petin & Gaudet zu St. Chammond, Rive de Gier, mit einem Tellerofen mit geneigtem Boden auf, der Erfolg hatte und Verbreitung fand[2]). Nur der Schmelzherd, aus einem Blechboden und gufseiserner Seitenwand, deren Segmente von aufsen verbunden wurden, bestehend, bildete einen runden beweglichen Teller. Unter dem Blechboden befand sich der Bewegungsmechanismus: ein Zahnkranz und ein vierarmiges Lagergerüst, das die stählerne Drehachse des Apparates fafste und nach aufsen auf vier Laufrädern ruhte. Die vier Kranzräder liefen auf einem Schienengeleise und gestatteten bequem die Ein- und Ausfuhr des Herdes. Dieser hatte 6 bis 7 Grad Neigung von der Feuerbrücke nach dem Fuchs, so dafs das an der ersteren oxydierte Eisen bei der Umdrehung wieder in die Schlacke niedertauchte. Die Bewegung des Drehapparates beanspruchte 2 bis 3 Pferdekräfte. Ein solcher Pernotofen kostete zu St. Chammond 11200 Mark. Der Herd wurde aus reichen Erzbrocken, Hammer-

---

[1]) Siehe Journal of the Iron and Steel Inst. 1876, Nr. 1, p. 109.

[2]) Siehe Aufsatz von M. A. Henry in Annales des Mines, 7. sér., t. VI, p. 65.

schlag und Hammerschlacke hergestellt, aufgeschmolzen und glasiert. Dann wurde das Roheisen wie gewöhnlich eingesetzt. Anfangs nahm man nur Sätze von 300 kg, bald aber steigerte man den Einsatz auf 800 bis 1000 bis zu 1200 kg. Man verarbeitete zu St. Chammond gewöhnliches, weiſses Puddelroheisen von Pouzin oder für Qualitätseisen Roheisen von Toga auf Corsica. Es wurde rasch eingetragen und eingeschmolzen. Das Umrühren erfolgte durch die Drehung des Herdes. Sobald das Eisen dicker wurde, hielt der Arbeiter die Krücke ein und fuhr damit langsam hin und her. Diese Arbeit war wenig anstrengend, mühseliger dagegen das Umsetzen und Aufbrechen der Charge. Das Zängen der 16 bis 22 Luppen nahm viel Zeit in Anspruch.

Zeitdauer einer gewöhnlichen Charge im Pernotofen zu St. Chammond.

Ganze Zeit Std.	Ganze Zeit Min.	Operation	Einzelzeit Min.
—	25	Einsetzen der Abfälle und des Roheisens . . . . Wenden des Eisens	25
—	45	Schmelzung und Beginn des Rührens	20
1	—	Erscheinen der ersten Eisenkörnchen am Boden	15
1	10	Anhalten des Ofens, Umschmelzen und Teilung des Eisens	10
1	20	Wenden des Eisens und Luppenmachen	10
1	40	Zängen der ersten Luppe	20
2	—	Zängen der letzten Luppe, Reinigen des Rostes, Andrehen des Ofens	20
2	20	Einsetzen der nächsten Charge	20

Fünf Arbeiter machten in 24 Stunden 8000 bis 10500 kg Luppeneisen. Für Qualitätseisen rechnete man 2 Stunden und 50 Minuten für eine Charge. Die Betriebskosten beliefen sich bei dem Pernotofen auf 221,90 Francs pro Tonne, gegen 251,75 Francs bei dem alten Puddelofen, waren also bei ersterem 29,85 Francs geringer.

In der Folge fanden diese Art Öfen in Belgien auf den Eisenwerken zu Seraing und zu Ougrée Eingang; die Ersparnisse betrugen 10 Prozent. In Ougrée zeigten die Öfen bei Unterwind lange Haltbarkeit. Die Gewölbe blieben $4^1/_2$ Monate intakt. In Deutschland wurden Pernotöfen zuerst von der Gesellschaft Humboldt zu Kalk bei Köln angewendet. Der Einsatz bestand aus 600 kg Luxemburger und 400 kg weiſsstrahligem Roheisen der Niederrheinischen Hütte. In

Österreich führte sie die Innerberger Gewerkschaft auf ihrem Eisenwerk zu Donawitz ein.

Die alten Puddelwerke lieſsen sich leicht in Pernotofen-Anlagen umbauen. 20 Puddelöfen sollten durch 5 Pernotöfen ersetzt werden. Diese kosteten 102 000 Mark und erzeugten soviel Eisen wie 10 Danksöfen, die 231 000 bis 277 000 Mark kosteten.

Mit gutem Erfolg wurden die Pernotöfen auch zur Fluſsstahlfabrikation verwendet, worauf wir später noch zurückkommen werden.

Ehrenwerth hatte zuerst die Ansicht ausgesprochen, man könne in dem Pernotofen in Verbindung mit Siemens' Regenerativfeuerung den Prozeſs so führen, daſs man geschmolzenes Eisen (Fluſseisen) bei kontinuierlichem Betriebe erhalte.

Das anfängliche Lob der Pernotöfen war aber mindestens insofern übertrieben, als die Arbeitserleichterung dabei nur eine sehr geringe war. In Steiermark blieb auch die Qualität hinter der der alten Puddelöfen zurück. In den achtziger Jahren wendete man, wie es scheint, die Pernotöfen nur noch selten zum Puddeln an.

Andere Konstruktionen von Telleröfen hatten keinen gröſseren Erfolg. Als solche sind zu nennen Riley und Henleys horizontal drehender Tellerofen[1]) (1873), dessen Rührhaken wie ein Pflug gebildet war, der auf dem Boden hinstrich, und Hendersons horizontaler Drehofen mit direkter Gasfeuerung (1884). Der Herd machte drei bis vier Drehungen in der Minute.

Ein Zwischending zwischen den Telleröfen und den rotierenden Öfen waren die Schaukelöfen. Solche hatte Ed. Daelen schon 1874 vorgeschlagen; ausgeführt wurden sie 1875 von Menessier[2]), Direktor der Forge de l'Onzion bei St. Chammond in Frankreich. Der Herd war cylindrisch, von einem feststehenden Gewölbe überbaut. Durch zwei Bleuelstangen wurde der Herd in oszillierende Schwingungen bis zu 90 Grad versetzt. Gruner sprach sich günstig über das System aus.

Nessel erfand in Österreich einen Centrifugal-Puddelofen mit Wasserkühlung[3]). Einen schwingenden Puddelofen mit aufgehängtem Herd konstruierte Gidlow 1880[4]).

---

[1]) The Engineering and Mining Journal XVI, Nr. 22. New York 1873. — Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1875, S. 32.

[2]) Siehe Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1876, S. 442.

[3]) Siehe Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1875, S. 40.

[4]) Siehe Dinglers Polyt. Journ. 1881, I, S. 135; IV, S. 129.

Digitized by Google

Im ganzen hat das Problem des mechanischen Puddelns eine befriedigende Lösung noch nicht gefunden.

Mehr bewährten sich die Konstruktionen, welche bessere Beheizung und gröſsere Leistung erstrebten. Hiervon gab es eine groſse Zahl, die wir in chronologischer Folge kurz aufführen wollen.

Die Durchführung der Gasheizung bei den Puddelöfen kann als der wichtigste Fortschritt in dieser Periode bezeichnet werden. Bei den Versuchen, Regenerativgasfeuerung zu verwenden, hatten sich die Ziegelfüllungen in den Regeneratoren nicht bewährt, weil sie sich zu schnell verstopften und mauerte man dieselben besser als einfache Pfeiler in Schachbrettstellung, wodurch das Reinigen erleichtert wurde[1]).

1871 beschrieb Wm. Gorman zu Glasgow einen Puddelofen mit Gasgenerator, bei dem die Gase über der Feuerbrücke mit heiſser Luft verbrannt wurden. Die Luft wurde in Thonröhren unter dem Ofen durch die entweichenden Verbrennungsgase erhitzt.

Derartige Öfen baute Ponsard mit der Abänderung, daſs er Luft und Gase in gemauerten Kanälen oder Kammern vorwärmte. Howatson wärmte die Verbrennungsluft am Fuchs vor. Ebenso baute Head zu Newport 1872 einen verbesserten Puddelofen mit Lufterhitzung[2]). Deftys Ofen (1873) hatte hohle Roststäbe, durch die der Wind eintrat.

1872 lieſs sich de Langlade ein Puddelverfahren mit Hochofengasen patentieren. Die Gase wurden erst in seinem patentierten Waschapparat gewaschen. Die abgekühlten Gase wurden dann mit erhitzter Gebläseluft, wozu ein Siemens-Regenerator nötig war, verbrannt. Die Anlage war kompliziert und kostspielig. Dies galt überhaupt von der Verwendung der Siemens-Regeneratoren zur Vorwärmung beim Puddelbetrieb. Bei diesen brachte man insofern Verbesserungen an, als man die Kammern anstatt unter den Ofen hinter denselben legte und mehrere kurze Ausströmungsschlitze für Gas und Luft auf der breiten Ofenseite anbrachte.

Vorteilhafter als Regeneratoren erwiesen sich damals die mit den Puddelöfen unmittelbar verbundenen Generatorfeuerungen, wie namentlich die von Bicheroux, Fig. 247, 248 (a. f. S.), mit Verbrennung durch erhitzte Luft.

Über die zweckmäſsigsten Dimensionen der Puddelöfen hat

[1]) Siehe Kerpely, Fortschritte der Eisenindustrie 1871/73, Taf. VIII, Fig. 1, 2.
[2]) Siehe Dingler, Polyt. Journ., Bd. 206, S. 1.

Digitized by Google

J. Wolters 1873 wertvolle Angaben gemacht, auf welche wir hier verweisen[1]).

Piedbeuf hatte 1871 auf seinem Walzwerk vergleichende Versuche mit Boëtius- (siehe S. 111) und Bicherouxfeuerung angestellt, wobei letztere die besten Resultate gab. Ebenso bewährte sich die Bicherouxfeuerung bei den umgebauten Doppelöfen zu Ougrée

Fig. 247.

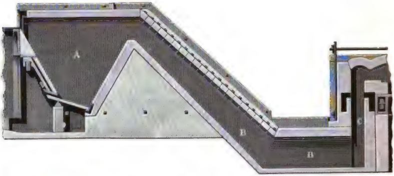
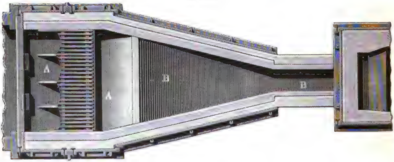


Fig. 248.



vorzüglich[2]). Andere zogen die Boëtiusfeuerung vor, welche weniger Platz erforderte, so z. B. Macar 1877. Die Bicherouxfeuerung war breiter, faſste eine gröſsere Kohlenmenge, zwischen Rost und Herd befand sich eine besondere Kammer, die Gasentwickelung lieſs sich leichter unterbrechen.

Zu Salgó-Tarjan befanden sich seit Juli 1876 Doppelöfen mit

[1]) Siehe Revue universelle 1873, T. 34, p. 437; Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1873, S. 405, 411.

[2]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1877, S. 233.

Digitized by Google

Siemens-Gasfeuerung (Borbelyöfen) in gutem Betrieb. In Woolwich führte man Retortenöfen mit Gasbetrieb von Price statt der gewöhnlichen Puddelöfen ein.

S. Caddick zu Pembrock (Massachussetts U. S.) baute 1877 Puddelöfen mit verbesserter Luftzuführung und Wasserkühlung. 1878 führten Caddick & Mayburg zu Old Castle ihre Öfen in England auf dem Weiſsblechwalzwerk zu Llanelly in Südwales ein. Ein Ventilator blies den Wind für die Verbrennung durch den hohlen Mantel des Doppelofens. Die erhitzte Luft wirkte teils als Unterwind, teils als Oberwind. Auf ähnlicher Grundlage beruhten die Verbesserungen von Reynold-Thomas zu St. Louis (Missouri U. S.).

Eine praktische Verbesserung, welche in den Vereinigten Staaten Verbreitung fand, waren die wasser- oder luftgekühlten Arbeitsthüren. Ein Feuerschirm mit Wasserkühlung war 1872 von A. J. Russel eingeführt worden.

Lemut[1]) in Frankreich kombinierte 1878 seine Puddelmaschine mit einem Ofen, der mit heiſser Luft und überhitztem Dampf geheizt wurde. Es wurde Wassergas erzeugt, welches unter den Rost geleitet wurde. Dadurch wurden Kohlen erspart und die Qualität des Produktes verbessert. Zum Rühren bediente sich Lemut seines mechanischen Puddlers.

1878 wurden zu Prävali in Kärnten von A. Sattmann sieben groſse Puddelöfen mit Siemens-Regeneratoren errichtet.

In England baute Middleton einen terrassenförmig angelegten Doppelpuddelofen (Cascadenofen). Auf dem oberen Herd wurde das Eisen eingeschmolzen, auf dem unteren gepuddelt.

Zu Brezova in Ungarn erzielte Glanzer[2]) 1879 gute Resultate mit einem Holzgaspuddelofen mit Regenerativfeuerung. Für die meisten Gegenden war aber der Betrieb mit Regeneratoren zu teuer. Doch bewährte sich seit 1883 ein damit ausgerüsteter Doppelpuddelofen von Otto Springer, der zuerst auf der Hermannshütte in Böhmen und dann in Völklingen bei Saarbrücken eingeführt worden war[3]). Während die gewöhnlichen Doppelpuddelöfen einen doppelt so breiten Herd und eine Arbeitsthür auf jeder Seite haben, sind bei dem Springerofen, Fig. 249 (a. f. S.), zwei solcher Öfen in der Längsrichtung unter einem Gewölbe zusammengebaut und die an beiden Enden liegenden

---

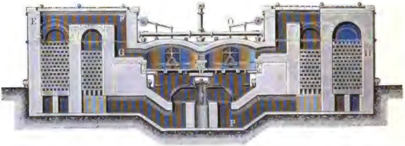
[1]) Siehe Annales des Mines 1878, T. II, p. 324; Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1878, S. 355.

[2]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1879, S. 371.

[3]) Siehe Stahl und Eisen 1883, S. 586.

Regeneratoren gestatten es, die gröſste Hitze abwechselnd einmal auf der einen Seite, das andere Mal auf der anderen Seite zu erzeugen, indem Gas und Luft, die den Ofen seiner ganzen Länge nach durchziehen, einmal von links nach rechts, dann umgekehrt von rechts nach links streichen, so daſs abwechselnd der eine Herd zum Frischen, der andere zum Vorwärmen und Schmelzen des Roheisens benutzt

Fig. 249.



werden kann. Die kalte Luft strömt unter dem Herdboden her, kühlt diesen und wird selbst schon vorgewärmt, ehe sie in den Wärmespeicher gelangt. Dadurch konnte man letzteren kleiner machen, doch ging man hierin anfangs zu weit. Daſs die gefährdetsten Stellen des Ofens mit Wasserkühlung versehen waren, ist aus der Zeichnung zu ersehen. Diese Öfen zeichneten sich durch groſse Produktion und Kohlenersparnis aus. Zu Völklingen verpuddelte man in der Schicht 13,8 Sätze zu 300 kg Minette-Roheisen und erzeugte daraus 3960 kg Puddeleisen. Zu 100 Luppeneisen verbrauchte man 104,1 Roheisen und 56,9 Saarkohlen geringer Qualität. Auf der Maxhütte in Bayern, wo diese Öfen ebenfalls zur Einführung gelangten, verpuddelte man 12 bis 13 Chargen zu 450 kg Roheisen in der Schicht, erzeugte daraus 5300 bis 5730 kg Luppeneisen bei einem Abbrand von 2 Prozent. Man verbrauchte dazu auf 100 kg Luppeneisen 58 kg böhmische Braunkohle. Zu Donawitz bei Leoben in Steiermark betrugen die Chargen 450 bis 520 kg, die Produktion 6200 bis 7000 kg, bei gutem Eisen wurden sogar mit 16 bis 18 Chargen in der Schicht 7656 kg Luppeneisen erzeugt. Der Abbrand betrug dabei 1,5 bis 2 Prozent, der Kohlenverbrauch 45 bis 50 kg.

Der Betrieb wurde so geführt, daſs, wenn in einem Herd die letzte Luppe ausgezogen wurde, in dem anderen Herde das Roheisen geschmolzen war, worauf die Feuerung umgesteuert wurde. Zu dem

Digitized by Google

geschmolzenen Eisen wurde alsdann Schlacke zugesetzt und mit dem Rühren begonnen. Dieses dauerte 20 bis 25 Minuten, das Umsetzen und Luppenmachen 15 Minuten, das Ausziehen der Luppen 10 Minuten, die ganze Charge also 50 Minuten[1]). In den österreichischen Alpenländern hatte man getrennte, liegende Wärmespeicher seitlich von dem Ofen unter dem Boden mit dazwischen liegendem Luftkanal. Springer, der später Generaldirektor der Königin-Marienhütte bei Zwickau wurde, führte seine Öfen mit Erfolg auch hier ein.

In Frankreich fand der Doppelpuddelofen mit besonderem Verbrenner und zwei gegenüberliegenden Arbeitsthüren von Dujardin und Fréduraus[2]) 1884 Beifall.

Doppelpuddelöfen mit vier Arbeitsthüren nach Kerpelys System waren 1884 auf verschiedenen ungarischen Werken eingeführt. Schon 1878 hatte sich J. von Ehrenwerth einen Puddelofen mit direkter Gasfeuerung und mit von Regeneratoren erhitztem Wind patentieren lassen.

Einen guten Doppelpuddelofen mit Rostfeuerung konstruierte 1886 Carl Küpper. Er war 6,5 m lang, 2,3 m breit, hatte 2 Herde und jeder derselben hatte 2 Thüren, auf jeder Seite eine. Der Arbeitsraum war 4 m lang. Der warme Unterwind wurde durch ein Körtinggebläse unter den Rost geführt. Solche Öfen wurden erbaut in dem Hochfelder Walzwerk bei Duisburg, in dem Phönixwerk bei Ruhrort, zu Witkowitz und Trzynietz in Österreich. Hier erzielte man 9 bis 10 Prozent Kohlenersparnis, hatte aber höheren Eisenabbrand.

Einen Regenerativ-Flammofen mit trommelförmigem Drehherd lieſs sich G. Olberg in Dessau 1888 patentieren (D. R. P. Nr. 47101). Ein von Jüllich angegebener Doppelpuddelofen hatte Regenerativfeuerung und war dem Springerofen sehr ähnlich. Michaelis' Puddelofen hatte dreifach geteilten Herd.

Der 1889 von Sweeney[3]) in Amerika für natürliches Gas auf den Werken der Philadelphia-Company erbaute Puddelofen war mit Wärmespeicher versehen.

In England hatten die Retortenöfen von Price den gröſsten Erfolg, die nur 33 bis 37 Prozent Steinkohlen bei einem Eisenabbrand von 3,35 Prozent verbrauchten.

Ein neues System der Doppelpuddelöfen führte Gottfried

---

[1]) Näheres in Stahl und Eisen 1889, S. 554, 776.

[2]) Comptes rendus de la Soc. min. 1884, p. 145.

[3]) Engineering and Mining Journ. 1889, Vol. 47, Nr. 16; Kerpely, Fortschritte 1889, S. 178.

Pietzka[1]) zu Witkowitz 1887 ein. Er machte die beiden hintereinander liegenden Herde um eine vertikale Achse drehbar. Infolgedessen bedurfte es nur einer Feuerung, vor welche man abwechselnd den einen und den anderen Herd brachte. 1888 waren sieben solcher Öfen zu Witkowitz in Betrieb. In Deutschland wurden sie auf dem Zawadski-Eisenwerk des Grafen Strehlitz und zu Friedenshütte in Schlesien eingeführt. Zu Bautzen benutzte man dieselben zur Fluſseisenbereitung. Sie waren mit Generatoren und Wärmespeichern verbunden. Zu Friedenshütte erzeugten in einem gewöhnlichen Puddelofen 3 Arbeiter in 12 Stunden 2000 kg Luppeneisen, in einem Pietzka-Drehofen 6 Arbeiter in 12 Stunden bei 12 Einsätzen (von 500 kg) 6000 kg. Der Kohlenverbrauch betrug dabei nur 43 Prozent von dem der alten Öfen. Der Gedanke, den Herd des Puddelofens drehbar zu machen, war übrigens nicht neu. Glanzer zu Brezova hatte bereits Mitte der siebziger Jahre einen auf einer Drehscheibe wendbaren Puddelherd konstruiert, doch war der Anschluſs an Feuerbrücke und Fuchs zu mangelhaft, weshalb er aufgegeben wurde. Denselben Versuch mit demselben Ergebnis hatte dann Pauckmann zu Lipschitz in Böhmen gemacht. Erst Pietzka gelang es, diese Schwierigkeit zu überwinden. Sein Gaspuddelofen besteht aus den Generatoren, dem drehbaren Ofenteil, dem Recuperator und dem Überhitzkessel. Die Verbrennungsluft wird bei diesem Ofen durch ein Dampfstrahlgebläse unter der Hüttensohle angesaugt und cirkuliert unter dem Boden des Herdes, ehe sie in das Gebläse tritt. Ein Teil derselben gelangt als Unterwind unter den Rost, ein anderer wird erst an der Ausmündung der Feuerung hin- und hergeführt, hier weiter erhitzt und tritt dann als Oberwind an der Stirnwand über der Feuerung ein. Der Kohlenverbrauch war bei den Öfen zu Witkowitz so gering, daſs nach Abrechnung der zur Dampferzeugung nutzbar gemachten Wärme nur 28,84 kg Steinkohlen für das Puddeln übrig blieben. Ursprünglich hatte Pietzka seinen Ofen für direkte Feuerung konstruiert, die günstigen Erfolge der Springeröfen veranlaſsten ihn, auch seinen Ofen mit Regenerativfeuerung einzurichten. Diese machte aber den Betrieb zu umständlich und wurde deshalb wieder verlassen. Dagegen bewährte sich die sogenannte Recuperativfeuerung gut und wurden sämtliche Öfen zu Witkowitz dafür umgebaut. Der Recuperator war derart konstruiert, daſs die Luft denselben rechtwinklig zu dem Zuge der Feuergase nach dem Gegen-

[1]) D. R. P. Nr. 40218 und 42573; Stahl und Eisen 1888, S. 418.

Digitized by Google

stromprincip in drei hintereinanderliegenden Röhrensystemen durchstreicht. Die Luft tritt dabei an der kältesten Stelle ein, an der heifsesten aus, wo sie bis auf 900° erhitzt ist. Der drehbare Mittelteil des Ofens bildet ein Ganzes und ruht auf einem Drehgestell, das, auf hydraulischem Piston gelagert, von diesem gehoben und dann leicht von einem Mann gedreht wird. Die Drehung erfolgt um 180°.

In 12 Stunden machte man 14 Chargen zu 500 kg, mit steirischem Eisen 15 Chargen, zu Charleroi mit Mètis-Eisen (Feineisen) sogar 20, in Oberschlesien dagegen nur 13 Chargen.

Wie grofs die Kohlenersparnis durch die Verbesserung der Öfen und Feuerungen war, läfst sich auch daraus ermessen, dafs in England der Kohlenverbrauch bei den alten Puddelöfen 1200 kg auf die Tonne betrug, dagegen bei den Siemens-Gasöfen nur 400 kg.

Das flüssige Roheisen aus dem Hochofen unmittelbar zu verpuddeln und dadurch die Kosten des Umschmelzens zu ersparen, hatte man schon früher häufig versucht, doch ohne besonderen Nutzen, weil das überheifse Eisen den Schlackenherd rasch zerstörte und der Puddelprozefs selbst langsamer verlief. Im Jahre 1895 erzielte indessen E. Bonehill zu Hourpes in Belgien[1]) nach einem patentierten Verfahren auf diesem Wege sehr gute Resultate, indem er in 12 Stunden mit 4 Puddlern 5500 kg Luppen, gegen früher 3200 kg mit 3 Puddlern, zu erzeugen vermochte. Dabei hatte er 10 Prozent weniger Abbrand und eine Kohlenersparnis von etwa 80 Prozent.

Während man durch das mechanische Puddeln und die Verbesserung der Feuerungen hauptsächlich gröfsere Produktion und Kohlenersparnis erstrebte, suchte man durch chemische Mittel die Qualität des Eisens zu heben, wobei man besonders die Abscheidung von Phosphor und Schwefel im Auge hatte.

1872 hatte Th. Scheerer[2]) hierfür den Zusatz von Patronen von einem aus gleichen Teilen von Chlornatrium und Chlorcalcium zusammengeschmolzenen Gemenge vorgeschlagen.

1874 empfahl Bower ein Reinigungspulver von salpetersaurem Eisenoxyd oder Bleioxyd, während Zenger die Hydrate der Alkalien hierzu anwendete.

Der amerikanische Shermanprozefs erregte Anfang der siebziger Jahre infolge geschickter Reklame Aufsehen. Es war ein verbessertes Puddelverfahren, bei dem nach dem Rühren Jodkalium zugesetzt

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1895, S. 395.
[2]) Siehe Dingler, Polyt. Journ., Bd. 204, S. 482.

wurde. Versuche wurden damit gemacht in England von Vickers & Co. in Sheffield, von Hopkins, Gilkes & Co. in Middlesborough, 1871 auf den Darlaston Works; in Frankreich zu Firminy, Alfort, Terre-noire und in Deutschland zu Hayingen, bis sich 1876 Euverte sehr absprechend darüber aussprach.

Hendersons[1]) Verfahren, das hauptsächlich auf Zusatz von Braunstein und Fluſsspat beruhte, war 1875 in England in Anwendung. Der Manganzusatz bewirkte nicht die Abscheidung von Phosphor, sondern nur die Verflüssigung der Schlacke.

Vanderhayn empfahl 1879 Aufstreuen von kohlensaurem Natron. In demselben Jahre versuchte man auf der Gutenhoffnungshütte Entphosphorung durch Zusatz von flüssiger kalk- und manganreicher, phosphorfreier Hochofenschlacke zu bewirken. Ein erster Zusatz erfolgte nach dem Abstich der Rohschlacke, ein zweiter vor dem Luppenmachen.

Edison schlug 1881 vor, durch die Rührkrücke einen starken elektrischen Strom zu leiten, wodurch Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor u. s. w. am negativen Pol ausgeschieden und verbrannt werden sollten.

Jos. Blackley veröffentlichte 1885 folgendes Entphosphorungsmittel: $^1/_3$ geröstete Puddelschlacke (bull dog) und $^2/_3$ eisenoxydreiches Erz (black billy) sollten gemahlen und gemischt mit 7 Prozent Salzsäure, mit Wasser verdünnt, 3 bis 4 Tage unter öfterem Durchstechen und Durchschaufeln gelagert und dann mit gemahlenem Kalk und Kochsalz gemischt werden. Dieses Gemenge wurde dann auf dem Boden des Puddelofens ausgebreitet und hierauf das Roheisen eingeschmolzen. Gegen Ende des Prozesses, der $1^1/_4$ Stunden dauerte, sollten noch $1^1/_2$ bis 2 Prozent Eisenoxyd eingeworfen werden.

1889 puddelte man im Departement Haute-Marne mit 1 bis 2 Prozent Sodazusatz. Dieser gab bei kaltgehendem Eisen eine flüssige Schlacke.

In Amerika setzte man allgemein die Puddelöfen mit reinen, reichen Eisenerzen aus. Dies that man auch auf manchen europäischen Puddelwerken, z. B. zu Pont-St. Vincent (1885).

1890 erregte das Puddeln mit Aluminiumzusatz die Aufmerksamkeit der Eisentechniker. Mc'Clellan in Glasgow erzielte durch Zusatz von Ferroaluminium ein Eisen von vorzüglicher Qualität, dessen Bruchfestigkeit 48,8 kg pro Quadratmillimeter bei 28 Prozent Dehnung

---

[1]) Dingler a. a. O., S. 204, 480.

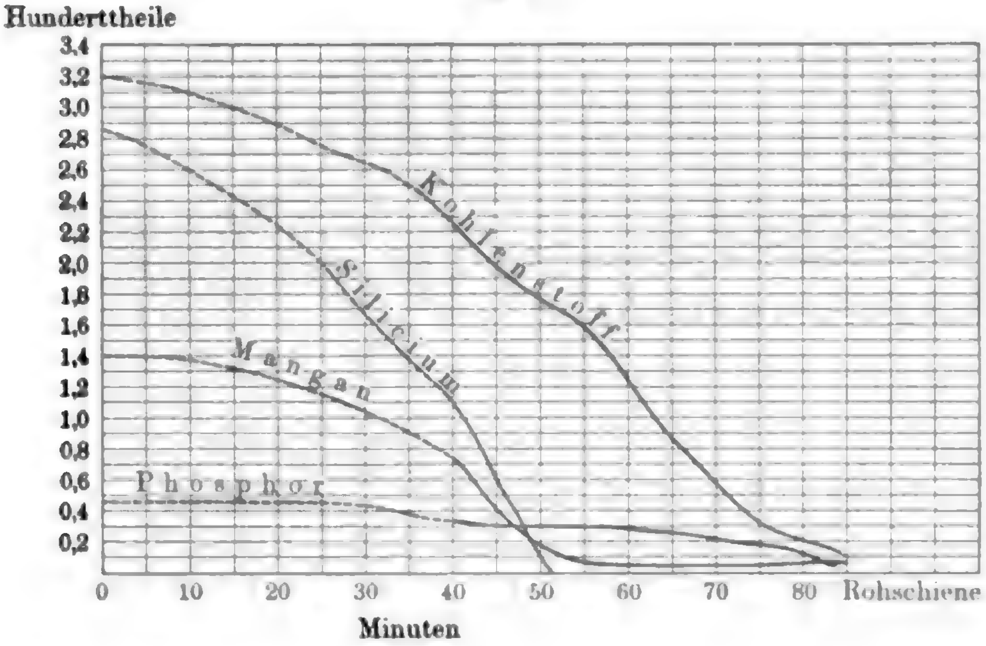
Digitized by Google

war, während gewöhnliches Luppeneisen 28,5 kg Festigkeit und 10 Prozent Dehnung zeigt.

Alle diese chemischen Hülfsmittel verteuern aber das Produkt und sind deshalb nur ausnahmsweise von Vorteil.

Auch die theoretische Erkenntnis des Puddelprozesses hat in dieser Periode durch gründliche chemische Untersuchungen Fortschritte gemacht. Von besonderer Wichtigkeit waren in dieser Beziehung die chemischen Analysen des Eisens und der Schlacken eines Puddelofens der Königshütte in Schlesien in den verschiedenen Stadien des Prozesses, welche Dr. J. Kollmann[1]) 1874 machte. Die Ergebnisse

Fig. 250.



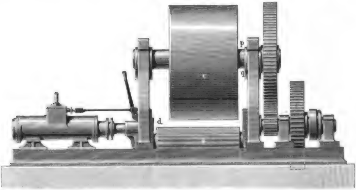
derselben befinden sich in den bekannten Handbüchern von Wedding und Ledebur mitgeteilt. Kollmann wies nach, daſs bei der fortschreitenden Oxydation in einer gewissen Periode Eisenoxyduloxyd (Fe^3O^4) in der Puddelschlacke nachweisbar ist und daſs die Entkohlung hauptsächlich während des Umsetzens des Eisens vor sich geht. — Eine ähnliche Untersuchung stellte H. Louis 1874 auf einem englischen Eisenwerk an[2]). Die Abnahme der wichtigsten Bestandteile des Eisens während des Puddelns nach diesen Analysen zeigen die obenstehenden Schaulinien, Fig. 250. Tucker giebt für englische Verhältnisse folgende Grenzwerte für bestes Puddelroheisen an:

[1]) Siehe Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1874, S. 326.
[2]) The Journal of the Iron and Steel Institute 1879, p. 219.

Silicium	1,50 Prozent
Phosphor	1,00 „
Schwefel	0,09 „
Kohlenstoff	3,50 „
Mangan	0,50 „

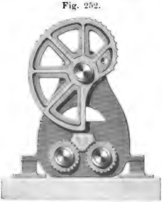
Kirk will nur 1 Prozent Silicium bei einem guten Puddelroheisen für zulässig erklären. De Wendel stellte 1875 zu Hayange aus

Fig. 251.



einem Roheisen mit 1 Prozent Phosphor gute Stahlschienen durch Behandeln des Roheisens mit Wasserstoffgas im Puddelofen dar.

Fig. 252.



Die dem Puddelofen entnommenen Luppen werden, um sie von der eingemengten Schlacke zu befreien, unter Hämmern, Zängewerken, oder in Luppenmühlen ausgequetscht und dicht gemacht. Für die Danksschen Drehöfen wendete man fast überall die Winslowsche Luppenmühle (Fig. 251, 252) an. Wir erwähnen ferner Robertsons Luppenmühle[1]) mit konischen Walzen (1872), bei welcher die Luppe als cylindrischer Stab austritt.

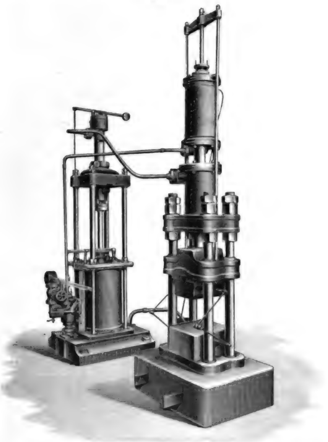
W. Siemens erfand 1877 eine hydraulische Luppenpresse[2]) mit zwei horizontalen und zwei vertikalen

[1]) Dingler, Polyt. Journ., Bd. 207, S. 128.
[2]) Armengaud, Publ. Industr. XXII. S. 501.

by Google

Prefskolben; die vertikalen haben geringeren Durchmesser und üben ihren Druck erst einige Zeit nach den horizontalen aus. Eine dampf-hydraulische Luppenpresse von Breuer, Schumacher & Co. in Kalk bei Köln zeigt Fig. 253.

Fig. 253.



Die weitere mechanische Behandlung der Luppen wird bei den Walzwerken vorgetragen werden.

Dafs man bei den Schweifsöfen ebenso wie bei den Puddelöfen die Feuerungen zu verbessern suchte, ist selbstverständlich. Wir wollen die wichtigsten Erfindungen hierfür kurz aufzählen.

Digitized by Google

1871 führte Howatson sein System zur Erwärmung der Zugluft an Fuchs und Esse zu Round Oak bei Dudley auch für die Schweiſsöfen durch.

Schweiſsöfen mit Siemens-Regeneratoren und Lundins Kondensation wurden in Prävali in Kärnten erbaut.

Ponsard führte eine kontinuierliche Regenerativgasfeuerung in der Weise ein, daſs er die Verbrennungsluft durch die Abgase vorwärmte, den gasförmigen Brennstoff aber möglichst heiſs aus dem Generator eintreten lieſs [1]. C. W. Wittenström [2]) legte 1875 seine Regeneratoren über die Öfen.

Torfgasschweiſsöfen baute Pütsch auf der Marienhütte bei Danzig. Petroleumgasheizung führte Eames [3]) bei Schweiſsöfen zu Jersey City ein, indem er das Petroleum durch überhitzten Dampf verflüchtigte.

Sweets Gasschweiſsofen in Nordamerika (1875) zeichnete sich durch hohe Temperatur aus, die durch die eigentümliche Zufuhr von Anthrazit und Fettkohlen und Verbrennung mit erhitzter Luft, welche durch die Feuerbrücke und das Gewölbe zugeführt wird, erzeugt wurde [4]).

Torfgasschweiſsöfen mit Lundins Kondensator und besonderem Regenerator wurden 1877 zu Josephsthal in Böhmen mit Torfabfällen mit Erfolg betrieben [5]); ebenso zu Motala in Schweden.

Vorzüglich bewährte sich an vielen Orten die Richerouxfeuerung für Schweiſsöfen, so z. B. 1879 zu Graz.

1881 konstruierte Lürmann einen Schweiſsofen mit Rekuperatorfeuerung [6]).

Stubblebines Schweiſsöfen in Bethlehem (Pa. 1890) [7]) erstrebten gleichmäſsige Verteilung der Hitze dadurch, daſs ein Teil der im Feuerraum entwickelten Gase mit Luft gemengt in den Ofen, der ein hohes Gewölbe hatte, eingeführt wurde.

In dem seit 1891 aufgekommenen Schweiſsofen von Biedermann und Harvey (Fig. 254), kurzweg „Neuer Siemensofen“ genannt, wurde

---

[1]) Siehe Betriebsverhältnisse der Schweiſsöfen in Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ingen. 1872, Bd. 16, S. 674.

[2]) Siehe Wagner, Jahresbericht etc. 1875, S. 101.

[3]) Siehe A. Ledebur, Über das Schweiſsen des Eisens in Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1875, S. 45.

[4]) Siehe Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1875, Beilage zu Nr. 32, S. 373; Dingler, Polyt. Journ. 1876, Bd. 4, S. 150.

[5]) Siehe Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1877, S. 497.

[6]) Siehe Stahl und Eisen 1882, S. 477.

[7]) Daselbst 1891, S. 558.

gitized by Google

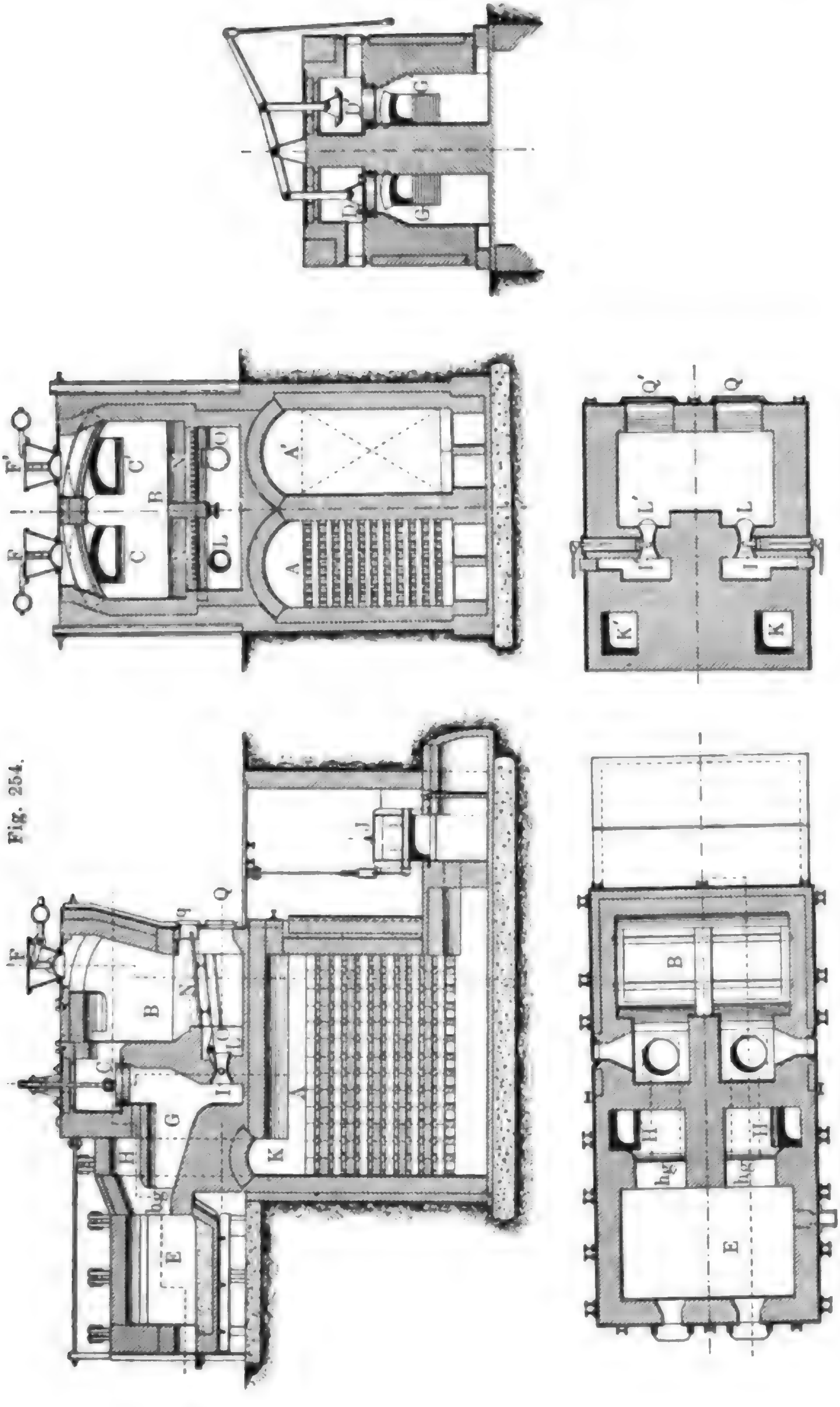


Fig. 254.

ein Teil der Feuergase, der nicht zur Heizung der Wärmespeicher erforderlich war, in den Gaserzeuger zurückgeführt und hier in Brenngas umgewandelt, wodurch eine nicht unbeträchtliche Brennstoffersparnis erzielt wurde. Diese Konstruktion hat auf mehreren Werken in England Anwendung gefunden.

Verschiedene neuere Verbesserungen der Schweiſsöfen und des Schweiſsverfahrens werden später noch Erwähnung finden.

Das Fluſseisen.

I. Das Windfrischen.

A. Der saure oder Bessemerprozeſs bis 1880.

Das Fluſseisen setzte seinen Siegeslauf seit 1870 mit beschleunigter Geschwindigkeit fort. Von Jahr zu Jahr vermehrte sich die Zahl der Konverter und die Gröſse ihrer Produktion. Zu dem raschen Aufschwung Anfang der siebziger Jahre trugen verschiedene Umstände bei. Zunächst war es das Bedürfnis nach Massenerzeugung. Eine weitere Veranlassung lag darin, daſs im Februar 1870 H. Bessemers Patent erlosch, und daſs damit die hohe Licenzgebühr (royalty) von 1 £ pro Tonne, welche er in England bezogen hatte, und die entsprechenden Abgaben in anderen Ländern wegfielen. Manche Werke hatten diese Frist abgewartet, um mit der Einführung des Verfahrens zu beginnen. Eine andere Ursache war der rasche und nicht nur für Deutschland, sondern für den Weltfrieden glückliche Verlauf des deutsch-französischen Krieges von 1870 und der Sturz Napoleons, dessen Politik unablässig den Frieden bedroht hatte. Ein allgemeiner Aufschwung von Handel und Industrie und die Vergröſserung und Neugründung zahlreicher Eisenwerke war die Folge davon. Dieser Aufschwung war so unaufhaltsam, daſs er rasch die Grenzen des Bedürfnisses überflügelte, worauf dann 1873 eine Handelskrisis eintrat und eine Periode des Niederganges folgte. Bei der Fluſseisenfabrikation machte sich dieser Niedergang aber nicht fühlbar. Trotz des allgemeinen Rückschlags nahm der Bedarf an Fluſseisen von Jahr zu Jahr zu. In welch steigendem Maſse dies in dem Zeitraume von 1870 bis 1880 geschah, ist aus nachstehender Tabelle zu ersehen.

Digitized by Google

Erzeugung von Bessemerstahl in Kilotonnen.

Länder	1870	1880
Grofsbritannien	215	1061,1
Deutschland	125	686
Frankreich	83	384
Österreich-Ungarn	29	105,7
Belgien	6	95
Schweden	6,6	35,3
Vereinigte Staaten von Nordamerika	38	1091

Zu der raschen Zunahme des Bessemerns trugen nicht nur die Anlage neuer Werke und die Aufstellung neuer Konverter, sondern auch die Verbesserungen des Betriebes und der Betriebsvorrichtungen, die zugleich eine Verbesserung des Produktes herbeiführten, bei. Die nächstliegenden waren die Vergröfserung der Birnen, die von England ausging, und der Schnellbetrieb, der in den Vereinigten Staaten von Nordamerika ausgebildet wurde. Dieser hing zusammen mit zahlreichen technischen Verbesserungen der Apparate und Einrichtungen, die wir mit denen des Betriebes selbst in folgendem kurz schildern wollen.

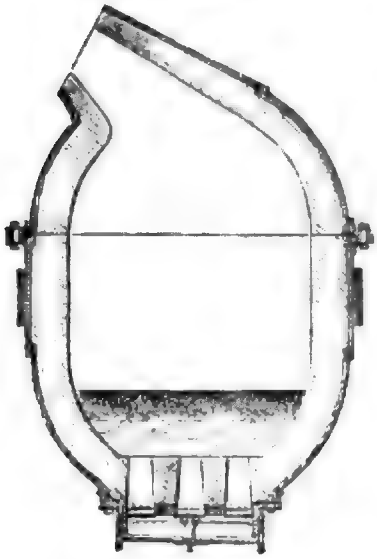
In erster Linie erfuhr der Konverter oder die Bessemerbirne mancherlei Verbesserungen. Die ursprüngliche Gröfse von $1^1/_2$ Tonnen Inhalt hatte John Brown in Sheffield schon zu Anfang der sechziger Jahre auf 3 Tonnen, später auf 5 Tonnen erhöht und zu Anfang der siebziger Jahre führte er auf denselben Atlaswerken Birnen für 10 Tonnen Einsatz ein. Überhaupt war zu Anfang der siebziger Jahre bereits das Bestreben in England, die Konverter möglichst grofs zu bauen. Auf der Bessemerhütte zu Barrow mit 18 Konvertern, die 1872 eröffnet wurde, waren die gröfseren Birnen schon für $7^1/_2$ Tonnen Einsatz, ebenso hatte man zu Workington $7^1/_2$-Tonnen-Birnen. Im allgemeinen bewährten sich aber die Birnen mit 5 Tonnen Einsatz damals am besten, und auf dem Kontinent ging man in den siebziger Jahren nicht über diese Grenze hinaus. Auch in den Vereinigten Staaten gab man den 5-Tonnen-Konvertern den Vorzug.

Neben diesen grofsen Apparaten bestanden aber noch vielfach die kleinen Konverter fort, besonders in den österreichischen Alpenländern und in Schweden. Die alten stehenden Öfen (s. Bd. IV, S. 936) fingen allerdings auch in letzterem Lande an zu verschwinden. 1871 zählte man in Schweden sieben Bessemerwerke, von denen drei noch

die alten Öfen hatten. Ihre Produktion war aber so gering, dafs man beabsichtigte, sie bald durch englische Konverter zu ersetzen. Diese behaupteten den Sieg und zwar in fast derselben Gestalt, wie sie zuerst in Sheffield aufgestellt worden waren. 1872 zählte man in England 19 Bessemerhütten mit 91 Birnen, in Deutschland 1873 18 Bessemerhütten mit über 70 Birnen, davon 18 bei Krupp in Essen. Deutschlands Leistungen in der Bessemerfabrikation waren sehr bedeutend, besonders seit dem allgemeinen Aufschwung der Industrie Anfang der siebziger Jahre.

Die 5-Tonnen-Birnen (Fig. 255) hatten meist 1,8 m inneren Durchmesser in dem 0,8 bis 1 m hohen cylindrischen Mittelstück. Der Durchmesser des 0,8 m hohen Bodenstücks zog sich bis auf 1 m, den oberen Durchmesser des Bodens, zusammen, während die Haube von 1,5 bis 1,8 m Höhe eine seitliche Mündung von 0,4 m Durchmesser hatte[1]). Der schmiedeeiserne Mantel bestand in der Regel aus vier Teilen: der Haube, dem Mittelstück, dem Bodenstück und dem Boden, an den sich der gufseiserne Windkasten anschlofs. Das Mittelstück war von einem kräftigen Ringe, an dem die Tragzapfen und das Triebrad befestigt waren, umgürtet.

Fig. 255.



Das Futter wurde anfänglich fast überall, nach Bessemers Vorgang hin, aus gemahlenem Ganister, der 93 Prozent Kieselsäure enthielt, hergestellt und zwar durch Aufstampfen um hölzerne Schablonen. Wilson und Wood verwendeten 1871 feuerfeste Formsteine. Auch in Seraing und in Österreich mauerte man die Birne mit feuerfesten Steinen aus, die man dann mit einer ziemlich dicken Lage feuerfester Masse bekleidete. Pet. Tunner hatte 1872 vorgeschlagen, das Futter aus Magnesit herzustellen, doch soll dies angeblich nachteilig auf den Prozefs eingewirkt haben[2]). Als Danks rotierende Puddelöfen bekannt wurden, schlug Wedding an Stelle des durch seinen Kieselgehalt nachteiligen Futters ein eisenreiches Futter, wie das der Danksöfen, vor. Daelen nahm auf denselben Gedanken 1873 ein englisches Patent. Doch

[1]) Siehe Wedding, Handbuch der Eisenhüttenkunde III (1874), S. 343.

[2]) Siehe Zeitschr. für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preufsischen Staate XI, S. 253.

Digitized by Google

hatten diese Vorschläge nur geringen Erfolg. Von besonderer Wichtigkeit war die Herstellung der Böden, welche die Windformen enthielten, weil dieselben am meisten in Anspruch genommen, rasch zerstört wurden und deshalb oft erneuert werden mufsten. In Europa geschah dies zu Anfang der siebziger Jahre noch allgemein durch Einstampfen oder Ausmauern von innen. Hierbei wurden die aus kieselsäurereichem Thon vorher geformten und gebrannten Formen erst eingesetzt und dann der Zwischenraum mit Masse ausgestampft oder mit Ganisterformsteinen ausgemauert. War nur ein Flicken oder eine teilweise Erneuerung des Bodens nötig, so wurden durch die Formöffnungen eiserne Nadeln gesteckt und der freie Raum um dieselben mit feuerfestem Thon ausgestampft oder ausgegossen. Hierbei gab man dem Boden oft unmittelbaren Anschlufs an das Futter, was zwar das Auswechseln erschwerte, dagegen aber ein Durchbrennen an der ringförmigen Fuge verhinderte. Es ist klar, dafs die Herstellung und Reparatur des Bodens durch Ausstampfen von innen beschwerlich und zeitraubend war. Die Birne mufste erst so weit kühl geworden sein, dafs ein Mann im Inneren arbeiten konnte; hatte dieser in dem heifsen, dunklen Raum den Boden vollendet, so mufste erst der Boden durch Koksfeuer vollständig getrocknet werden.

Es war deshalb ein sehr wichtiger Fortschritt, als Holley in Amerika 1868 die Losböden erfand, die unabhängig für sich hergestellt, getrocknet, eingesetzt oder ausgewechselt wurden. Die Idee auswechselbarer Böden hatte schon Bessemer gehabt, auch hatte man in Österreich solche bereits versucht. Holleys Verdienst bestand hauptsächlich in der aufserordentlich einfachen und praktischen Lösung der Frage. Indem er nämlich den Rand des Bodens kleiner machte als den Rand des Futters, entstand ein ringförmiger freier Raum von keilförmigem Querschnitt, der das Einsetzen des Bodens von aufsen bequem gestattete und der danach leicht von aufsen mit feuerfestem Thon ausgestampft werden konnte. Dadurch wurde das Auswechseln der Böden aufserordentlich beschleunigt, um so mehr, da man dieselben vorher trocknen konnte.

Durch diese einfache Verbesserung erlangten die Amerikaner einen wesentlichen Vorsprung und ohne dieselbe wäre ihr Schnellbetrieb kaum möglich gewesen. In Troy machte man mit einem Paar 5-Tonnen-Birnen 2000 Tonnen Stahlblöcke im Monat, obwohl schon nach fünf bis sechs Hitzen ein neuer Boden eingesetzt werden mufste.

In Europa fand die Einführung der amerikanischen „Losböden“ nur langsam statt. Erst 1872 wurde die Aufmerksamkeit durch eine

Digitized by Google

Abhandlung von Lenok Smith[1]) über die Stahlfabrikation in den Vereinigten Staaten auf dieselben gelenkt. 1875 wurden die Konverter der neuen Bessemerhütte zu Hörde[2]) mit amerikanischen Losböden versehen. Das Einsetzen eines neuen Bodens erforderte nur eine Stunde Zeit. Zum Flicken und Ausfüttern verwendete man Ganistermasse. Das obere Futter der Birne hielt 200 bis 300 Chargen aus. Die Birnen waren in der Form etwas abweichend, hoch und schmal ohne Schnabel und wurden durch vertikale Zugstangen bewegt. Obgleich infolge dieser Verbesserung auch in Deutschland ein rascherer Betrieb eingeführt wurde, so blieb derselbe doch noch weit hinter dem amerikanischen zurück. In Amerika erzeugte man 1875 in einer Birne durchschnittlich 448 853 Centner, in Deutschland nur 104 707 Centner. Das Einsetzen des Bodens geschah von unten und zwar durch Andrücken mit Winden. Statt dieser wendete man in Amerika hydraulische Pressen an, infolgedessen war das Auswechseln und Einstampfen in 38 Minuten beendet. — Für den raschen Verlauf des Frischens war Zahl und Weite der Windformen von grofsem Einflufs. In England und Amerika gab man mehr Windfläche als in Deutschland. Dieselbe betrug[3]) Anfang der siebziger Jahre auf die Tonne Roheisen zu Königshütte 5,161, in Neuberg 9,225, in Königin-Marienhütte 11,031, in Heft 11,806, in Crewe 20,515, in Dowlais 22,193 qcm. In Deutschland und England hatte man meist 7 Formen mit je 7 Löchern, in Amerika 12 Formen mit 10 Löchern. 1877 fing man an, die Wind-

Fig. 256.

[1]) Lenok Smith, The manufacture of Steel, New York 1872; Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1872, S. 297.

[2]) Siehe Aufsatz von Prof. Dürre in Zeitschr. des Vereins deutscher Ingen. XIX, S. 711.

[3]) Nach Drown in Chemical News, no. 633, p. 13.

by Google

öffnungen direkt in den Boden einzuformen, indem man die Masse um runde Metallstäbchen, die man später auszog, stampfte. F. A. Freeston[1])

Fig. 257.

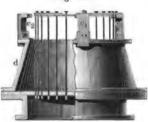
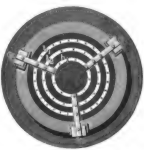


Fig. 258.



zu Attercliffe bei Sheffield scheint dies zuerst eingeführt zu haben. Diese „Siebböden“ fanden alsbald Verbreitung. 1878 wurden sie bereits in Schweden angewendet. In Deutschland führte A. Rühle von Lilienstern[2]) solche Böden ein. Er verwendete zu ihrer Herstellung eine entsprechende Form (Fig. 257, 258) mit in koncentrischen Kreisen angeordneten Löchern, durch welche runde Stäbe oder Nadeln gesteckt wurden, um welche man die Masse einstampfte. Alsdann wurden die Nadeln ausgezogen und die Form entfernt.

Fig. 259.

Die Gutehoffnungshütte bei Oberhausen nahm am 27. März 1879

[1]) Siehe Dinglers Polyt. Journal 1877, III, S. 107.
[2]) Daselbst 1879, II, S. 140.

Digitized by Google

ein Patent (D. R. P. Nr. 9701) auf Ausfütterung der Birnen mit Bauxit.

A. Holley konstruierte eine verbesserte Aufhängung der Birne in einem Tragring mit Schildzapfen (Fig. 259 a. v. S.), wodurch es möglich wurde, bei Reparaturen die ganze Birne auszuwechseln. R. M. Daelen machte (1880) aufser Boden und Unterteil auch den cylindrischen Mantel auswechselbar.

Die Gebläsemaschinen der Bessemerhütten waren meistens zweicylindrig und öfter liegend als stehend. In Amerika wendete man entsprechend dem intensiveren Betriebe stärkere Gebläse mit rascherem Gange, die mit Klappenventilen für Ein- und Auslafs versehen waren, an. Wie viel kräftiger die amerikanischen Gebläsemaschinen schon Anfang der siebziger Jahre waren, ergiebt sich aus nachstehenden Zahlen:

	Durchmesser der Dampfcylinder m	Durchmesser der Gebläsecylinder m	Dampfspannung	Winddruck	Hubhöhe	Zahl der Hübe
In England (Wednesbury, Glasgow, Crewe)	0,609	1,066	3,51	1,19	1,37	30
In Amerika (Cambria)	1,07	1,37	4,2 bis 4,9	1,75	1,52	40

Die hydraulische Bewegung der Birne und der Giefspfanne hatte bereits Bessemer eingeführt. In Amerika, wo man bestrebt war, den Betrieb zu einem durchaus mechanischen zu machen, dehnte man den hydraulischen Druck auch auf die Drehkräne aus, von denen mehrere so verbunden waren, dafs vom Eintragen des flüssigen Eisens in den Konverter bis zum Absetzen der erstarrten Blöcke (Ingots) alles durch Kranbewegung geschah. Hierzu wendete man die starken gekuppelten Worthington-Pumpen an. Der Wasserdruck wurde angesammelt und reguliert durch Akkumulatoren. Von solchen hatten sich 1878 die Differentialakkumulatoren mit durchgehender verjüngter Kolbenstange nach Twedells Erfindung bewährt. Der Schnellbetrieb wurde aufserdem dadurch wesentlich gefördert, dafs alle Hauptapparate doppelt vorhanden waren, so dafs immer abwechselnd die einen und die anderen verwendet werden konnten. Eine amerikanische Bessemeranlage zu Anfang der siebziger Jahre bestand nach der Beschreibung von Lenok Smith aus 2 Birnen von 5 bis 7 Tonnen, 1 Gufspfanne

mit hydraulischem Kran und 3 weiteren hydraulischen Kranen, welche über die Gieſsgrube schwangen, um die Guſsformen hin- und wegzustellen, die Blöcke wegzuheben und zu verladen. Eine gekuppelte groſse Gebläsemaschine blies 266 bis 310 cbm Luft von 25 Pfund Druck auf den Quadratzoll in der Minute. Für die Hydraulik arbeitete eine gekuppelte Worthington-Pumpe mit zwei Wassercylindern von 9 Zoll Weite und 24 Zoll Hub. Die Dampfkessel entsprachen 800 Pferdekräften. Zum Einschmelzen des Roheisens dienten 3 Kupolöfen, zum Schmelzen des Spiegeleisens 2 Flammöfen. Zwischen den Kupolöfen und der Birne war eine Wage angebracht, welche gestattete, die Gieſspfanne zu wiegen, wodurch das Gewicht der Charge genau festgestellt werden konnte. Man machte täglich 6 bis 18, zuweilen bis 24 Chargen von 5 Tonnen Einsatz. Eine solche Anlage kostete etwa 200000 Dollar. Sehr wichtig war die Anordnung der Birnen zu dem Gieſsraum. Meistens hatte man kreisförmige Gieſsgruben, welche Form durch den an einem hydraulisch heb- und senkbaren Kolben befestigten, im Kreise schwingenden Tragarm der Gieſspfanne bedingt war. Die beiden Konverter stellte man nach der Anordnung von John Brown in Sheffield anfangs meist parallel und in solcher Entfernung voneinander auf, daſs sie gekippt den von der Gieſspfanne beschriebenen Kreis so trafen, daſs diese Punkte mit dem Mittelpunkt verbunden einen Winkel von 90° ergaben.

Von dieser Anordnung ging man in Dowlais bereits in den sechziger Jahren ab, indem man die beiden Birnen gerade gegenüber stellte, so daſs sie um 180° gegeneinander verstellt waren. Wo man mehr als zwei Birnen verwendete, stellte man zuweilen noch eine dritte Birne zwischen den beiden gegenüberstehenden auf, wie dies z. B. in Hörde geschah. Zu Barrow stellte man die drei Birnen näher zusammen, so daſs sie nur einen Winkel von 60°, zusammen also von 120° bildeten. Sobald noch mehr Birnen betrieben wurden, war es zweckmäſsig, dieselben parallel in eine Reihe zu stellen. Die Gieſsgrube mit der kreisförmig schwingenden Gieſspfanne fiel dann fort und wurde durch eine auf einem Geleise fahrbare Gieſspfanne ersetzt. Diese Anordnung wurde zuerst auf dem Kruppschen Stahlwerke in Essen eingeführt, wo je fünf oder sechs Birnen in einer Reihe lagen. Die gröſseren Stahlwerke in den Vereinigten Staaten adoptierten diese Aufstellung und bildeten sie weiter aus. Sie legten die Birnen hoch über die Hüttensohlen und führten besondere Plattformen um sie herum, wodurch sie leicht zugänglich wurden. Die Kräne konnten frei schwingen; die Funkenessen hemmten nicht. John Fritz zu

Bethlehem legte schon vor 1873 den Boden der Gieſsgrube auf die Hüttensohle, so daſs die Eisenbahnen von allen Seiten Zugang hatten. In Österreich hatte F. Bleichsteiner 1871 und 1877[1]) auf die Wichtigkeit der Anordnung der Bessemerhütten hingewiesen und Vorschläge gemacht. In England machte Mich. Scott 1878 Verbesserungsvorschläge. Er legte besonderen Wert auf Raumersparnis und wollte ohne Gieſspfanne arbeiten, indem er den flüssigen Stahl durch Rinnen einer mehrteiligen Form zuleitete, worin die Blöcke mit aufsteigendem Strom gegossen wurden.

Der Betrieb erfuhr in den siebziger Jahren überhaupt zahlreiche Verbesserungen.

1871 waren in Schweden noch stehende Öfen in Betrieb. Diesen wurde das Roheisen direkt aus dem Hochofen zugeleitet. Die Konverter, die man eingeführt hatte, faſsten nur 2,3 bis 3,9 Tonnen, und die schwedischen Bessemerhütten wurden alle, auſser zu Sandwiken, mit Wasserkraft betrieben.

In Deutschland war die Blasezeit der Chargen gröſser als in England, was hauptsächlich an der geringeren Düsenfläche lag.

Bis 1871 war das aus den Cumberländer Hämatiterzen erblasene Roheisen fast in ausschlieſslicher Anwendung für den Bessemerprozeſs in England, Deutschland und Frankreich. In Schweden lieferten die einheimischen phosphorarmen Magneterze ein gutes, reines Roheisen von geringem Siliciumgehalt, wodurch es sich mehr für das alte Verfahren, d. h. für die Stahlerzeugung mit Unterbrechung des Blasens im richtigen Moment der Entkohlung eignete. Ähnlich lieferten die vorzüglichen Erze der österreichischen Alpenländer ein gutes Bessemerroheisen. Desgleichen erwiesen sich die reichen Erze der Vereinigten Staaten, besonders die vom Oberen See, als sehr geeignet für Bessemerroheisen.

Die Abhängigkeit von dem Cumberländer Hämatitroheisen war sowohl für Groſsbritannien, wie für den gröſsten Teil des europäischen Kontinents immer noch ein groſses Hindernis für die Entwickelung und den Aufschwung der Bessemerindustrie. Man suchte deshalb nach geeigneten fremden Erzen und fand diese in Spanien, Algier und Elba. Besonders bewährten sich die altberühmten Erze von Sommorostro bei Bilbao als vorzüglich geeignet für Bessemerroheisen. Infolgedessen erlangte der Eisenerzbergbau und der Erzhandel in

[1]) Siehe Kärntner Zeitschrift für Eisenhüttenwesen 1877, S. 409.

Digitized by Google

diesem Gebiet einen staunenerregenden Aufschwung und Umfang. Besonders waren es die englischen Hochofenwerke der Westküste und die deutschen Werke im Rheingebiet, welche ungeheure Massen dieser Erze bezogen und auf Bessemerroheisen verschmolzen. Krupp hatte ausgedehnten Grubenbesitz in Nordspanien erworben. Aufser ihm bezogen die Eisenhütten Hörde, Gute Hoffnungshütte, Dortmunder Union, Phönix, Johannishütte bei Duisburg, Königin Marienhütte bei Zwickau und Georg-Marienhütte bei Osnabrück im Jahre 1872 bereits über 3 Millionen Centner spanische Erze. Nicht ganz ohne Erfolg versuchte man sowohl in England als in Deutschland auch inländische Erze auf Bessemerroheisen zu verschmelzen, was freilich nur vereinzelt bei besonders phosphorfreien Erzen gelang. In Deutschland war es die Georg-Marienhütte, welche seit 1874 Bessemerroheisen aus eigenen Erzen erzeugte.

Das Spiegeleisen, welches ebenfalls für den Bessemerprozefs unentbehrlich war, hatte man früher fast ausschliefslich aus dem Siegerland beziehen müssen. Mit Hülfe ausländischer Erze oder braunsteinhaltiger Zuschläge gelang es aber auch in England und in anderen Ländern, Spiegeleisen im Hochofen herzustellen. So machte man 1873 zu Ebbw-Vale mit inländischen, bei John Brown & Co. in Sheffield mit spanischen Erzen Spiegeleisen mit ca. 13 Prozent Mangangehalt. Ebenso stellte man in Schweden und Rufsland Spiegeleisen für die Flufsstahlfabrikation dar. In Jauerburg und Sava in Krain erblies man um dieselbe Zeit sogar Ferromangan mit 35 bis 40 Prozent Mangan im Hochofen.

1875 erzeugte man bei Marseille im Hochofen ein Spiegeleisen mit 24,4 Prozent Mangan. 1877 fingen in Deutschland die Eisenwerke Phönix und Oberhausen an, Ferromangan im Hochofen darzustellen. Das Spiegeleisen wurde noch meistens im Flammofen umgeschmolzen, doch benutzte man auch bereits Kupolöfen dafür. Diese mufsten das Eisen rasch und möglichst unverändert schmelzen. Hierzu eignete sich besonders Mackenzies Ofen, oder ein Ofen mit zusammengezogener Formebene und darunterliegendem Sammelraum[1]).

Um das zeitraubende Vorwärmen der Konverter abzukürzen, erfand Larson 1871 einen Gaswärmer für Hochofengase, durch den das Vorwärmen mit den halben Kosten erfolgen sollte. Heifsen Wind beim Bessemern anzuwenden, hatte man 1873 zu Zeltweg in Steiermark wieder versucht. Dem Direktor Heyrowsky gelang es auch, im

[1]) Siehe Wedding, Handbuch III, S. 522.

Digitized by Google

Sommer 1874 50 bis 60 Hitzen weifses Roheisen mit heifsem Wind von etwa 700° zu frischen, doch wurden dabei die Böden so rasch zerstört, dafs man die Versuche nicht fortsetzte.

In den Vereinigten Staaten erfuhr die Produktion der Konverter durch die Verbesserung der Einrichtungen, besonders durch das rasche Auswechseln der Böden und den zweckentsprechenden mechanischen Betrieb, eine fortwährende Steigerung. 1872 erreichte man auf den Cleveland-Eisenwerken bereits 24 Chargen zu 6 Tonnen in 24 Stunden. 1874 machte John A. Griswold am 13. Februar 50 Chargen von 5 Tonnen mit 268 Blöcken in 24 Stunden. Das Umschmelzen der erforderlichen Roheisenmenge geschah in zwei Kupolöfen mit Sturtevantgebläsen.

Die amerikanischen Kupolöfen waren meist elliptisch 6,5 × 3,5 Fufs im Lichten und 14 Fufs hoch. Sie hatten sechs Düsen von 200 Quadratzoll Düsenfläche und schmolzen in neun Stunden 1000 Centner.

Auf dem österreichischen Stahlwerk zu Neuberg führten Gustav Katzetl und Albert Sailler 1873 ein Verfahren ein, wonach die Rückkohlung des Stahls, das Fertigmachen, nicht in der Birne, sondern in einem Flammofen (Martinofen) erfolgte. In diesen wurde das etwas überblasene Metall ausgegossen, Spiegeleisen zugesetzt und dann etwa zwei Stunden abstehen lassen. Der so erhaltene Stahl war sehr gut für Klingen, Gewehrläufe, Draht u. s. w.

In Frankreich stellte man 1874 durch Zusatz von 42- bis 70prozentigem Ferromangan ein weiches Bessemermetall mit nur 0,15 Prozent Kohlenstoff dar. Dieses kam unter dem Namen Métal fondu in den Handel. Es war nicht härtbar, hatte aber eine hohe Festigkeit und eignete sich besonders für Blech, Draht, Achsen und Maschinenteile.

In Deutschland war damals die Königin Marienhütte bei Zwickau das einzige Werk, welches ohne Rückkohlung durch Unterbrechung des Blasens Bessemerstahl erzeugte. Das Spektroskop und Schöpfproben gaben den richtigen Moment an. Beim Gufs der Stahlblöcke hatte sich das Giefsen durch den aufsteigenden Strom und unter Druck sehr bewährt. Bei ersterem hatte man schon um 1872 zu Seraing 7 bis 8 Prozent mehr dichte Blöcke erhalten und das Giefsverfahren von Sir Jos. Whitworth unter hydraulischem Druck war eine der wichtigsten Verbesserungen der Stahlfabrikation. Zum Gufs mit aufsteigendem Strom konstruierte man Gruppenformen, durch welche eine Anzahl schwächerer Blöcke gleichzeitig gegossen wurde. Eine solche von Pink in Hörde 1874 eingeführte bestand aus einem hohlen Schmiedeeisenkörper mit Eingufsrohr, wovon am Boden die

Digitized by Google

Leitungen nach den Ingotformen abzweigten. Auf dem Elbastahlwerk bei Swansea stand die Gruppenform auf einer sich drehenden Scheibe und wurde nacheinander an die verschiedenen um die Scheibe stehenden Ingotformen angeschlossen.

1875 machte Raymond den Vorschlag, das Spiegeleisen ungeschmolzen, aber rotglühend vorgewärmt zuzusetzen. Dr. Ad. Schmidt empfahl, das Spiegeleisen durch Siliciumeisen zu ersetzen. Für Stahl, der härtbar, hart und zäh sein muſs, ist ein Siliciumgehalt aber von Nachteil. S. Kern[1]) schlug Chromeisen statt des Spiegeleisens für sehr weichen Stahl vor.

Um für Bessemerwerke, welche ihr Roheisen direkt einem Hochofen entnahmen, die Produktion zu erhöhen, schmolz man in Schweden Roheisen mit den Erzchargen durch. 1874 führte man dies auch zu Heft in Kärnten ein. Man gab 14 bis 16 Prozent des Erzsatzes oder 25 bis 30 Prozent des erzeugten Roheisens darin auf. Dieses Verfahren war billiger als die Verwendung eines Kupolofens neben dem Hochofen, auch konnte man dadurch die Qualität des Produktes verbessern.

Die französischen Metallurgen Gruner und Gautier unterschieden 1875 folgende drei Methoden der Bessemerstahlbereitung:

1. die von Terre noire oder die Eisenmanganmethode. Bei diesem besonders in Frankreich üblichen Verfahren verblies man ein siliciumreiches, manganarmes Roheisen, neigte nach dem Totblasen die Birne horizontal und warf vorgewärmtes Ferromangan ein; man wartete, bis die Reaktion vorbei war, und goſs dann aus.

2. die schwedische Methode, bei der man ein sehr manganreiches Roheisen verarbeitete. Der Prozeſs verlief stürmisch, mit viel braunem Manganrauch, wodurch es oft schwer war, den richtigen Punkt der Entkohlung zu erkennen. Das Blasen wurde alsdann unterbrochen und kein Nachsatz gegeben. Auſser in Schweden war dies Verfahren auch in Zwickau und auf der Maxhütte in Bayern eingeführt worden, erlangte aber keine Bedeutung. Am wichtigsten und verbreitetsten blieb

3. die englische und Spiegeleisenmethode. Nach der Natur des Roheisens führte man den Prozeſs mehr oder weniger heiſs. Die Mittel hierfür gaben der Siliciumgehalt und heiſses Einschmelzen. Für phosphorhaltiges Roheisen war Heiſsblasen am besten. Ein

---

[1]) Siehe Engin. and Min. Journ. New York 1874, Bd. XX, S. 26.

Phosphorgehalt macht den Stahl kalt und kurzbrüchig. War Phosphor nicht zu vermeiden, so muſste der Kohlenstoffgehalt möglichst erniedrigt werden, damit die Sprödigkeit durch den Phosphor nicht noch durch Kohlenstoff vermehrt wurde. Ein Siliciumgehalt bis 0,5 Prozent galt dagegen für den Bessemerstahl nicht als nachteilig. in Neuberg lieſs man sogar bis 1 Prozent Silicium zu.

Als ein Beispiel des Bessemerbetriebes im Jahre 1875 führen wir Seraing an. Hier wurde das Bessemerroheisen aus algerischen und spanischen Erzen mit 600° C. heiſsem Winde eingeschmolzen, aus Pfannen in den Konverter gegossen und in 18 bis 22 Minuten verblasen. Die Farbe der Schlacken zeigte den Kohlenstoffgehalt an: citronengelb entsprach 0,75 Prozent Kohle, orangegelb 0,60, hellbraun 0,45, dunkelbraun 0,30, und blauschwarz 0,15 Prozent Kohlenstoff im Stahl. Die Ingots wurden glühend aus der Gieſsgrube unter den Hammer gebracht.

Der hydraulische Betrieb mit Akkumulatoren hatte bereits auf den meisten Bessemerwerken Eingang gefunden. Die Seele des Betriebes bildete der Steuertisch, von dem aus die hydraulischen Bewegungen der Konverter und der Kräne durch einfache Handhebel geleitet wurden. Es waren dies (nach Alfred Musil) 1. die Bewegung des Ingotkrans, der das Aus- und Einheben der Coquillen und das Ausheben und Fortschaffen der Stahlblöcke besorgte; 2. die des Guſspfannen- oder Stehkrans, der das flüssige Eisen vom Konverter zu den Coquillen brachte; 3. die der Konverterwendemaschine mit horizontaler oder vertikaler Bewegung; 4. die des Roheisenkrans da, wo das Eisen vom Hochofen oder Kupolofen zum Konverter gehoben werden muſste.

Am besten wurden nur die wichtigsten Steuerungen auf dem Steuertisch, der erhöht, geschützt und übersichtlich angelegt werden muſste, vereinigt.

Verbesserte Ingotformen wurden 1875 von Morewood und 1876 von Hackney angegeben.

1877 eröffneten die Herrn Bolkow, Vaughan & Co. zu Eston in Cleveland ein neues Bessemerwerk, damals eine der schönsten und gröſsten Anlagen der Welt. Um diese Zeit bediente man sich auf den West-Cumberland-Werken bereits einer fahrbaren Gieſspfanne mit Dampfbetrieb von Snelus, um das Roheisen der Hochöfen unmittelbar nach den Konvertern zu fahren[1]).

Eigentümlich war zu jener Zeit der Betrieb zu Creuzot. Man

[1]) Siehe Jeans, Steel, S. 434, Fig. 104.

Digitized by Google

stach 40 bis 50 Centner grelles, hitziges Eisen aus dem Hochofen in den vorgewärmten, eine Partie Stahlabfälle enthaltenden Konverter ab, richtete ihn auf und blies 8 bis 9 Minuten. Dann wurde gekippt, kalte Roheisenstücke in den Konverter geworfen und hierauf aus einem zweiten Ofen geschmolzenes Roheisen zufliefsen lassen, aufgerichtet und geblasen. Dies wurde mehreremal wiederholt. Durch das Zusatzeisen konnte man die Qualität regeln. Ferromangan wurde nur bei manganarmem Roheisen und zwar in festem Zustande zugegeben.

Um Roheisensorten, die für sich zu kalt gingen, heifs zu verblasen, hatte die Firma Friedrich Krupp einen vereinigten Flamm- und Bessemerofen erfunden (D. R. P. Nr. 2351 vom 18. Dezember 1877). Der Konverter wurde in liegender Stellung als Flammofen mit einer Crampton-Kohlenstaubfeuerung und Siemens' Regeneratoren geheizt, alsdann, wenn das Eisen genügend überhitzt war, aufgerichtet und geblasen.

Im Jahre 1877 waren nach H. Bessemers Angabe bereits 1873 Kilotonnen Bessemerstahl erzeugt worden.

Wedding bezeichnete 1878 als Fortschritte bei dem Bessemerverfahren die direkte Anwendung des flüssigen Roheisens der Hochöfen, die Verwendung der Birnengase zur Erhitzung des Gebläsewindes der Kupolöfen, wodurch auf englischen Hütten der Koksverbrauch beim Einschmelzen von 10 auf 6 bis 7 Prozent vermindert worden war, und die Einführung der Differential-Akkumulatoren. Zu dem oft weiten Transport des flüssigen Roheisens von den Hochöfen zu den Konvertern wendete man in England mit Lokomotiven fahrbare Gufspfannen an.

Über den Bessemerprozess verbreiteten die von Friedr. C. G. Müller in Osnabrück 1878 angestellten Untersuchungen[1]) neues Licht. Er unterschied 1. den deutschen Prozefs mit hoher Anfangstemperatur und hohem Siliciumgehalt, 2. den schwedischen mit hoher Anfangstemperatur und niedrigem Siliciumgehalt und 3. den englischen mit niedriger Anfangstemperatur und hohem Siliciumgehalt. In Deutschland suchte man das Roheisen im Kupolofen bereits so heifs einzuschmelzen, dafs die Entzündungstemperatur des Kohlenstoffs, welche nach Müller bei 1400° C. liegt, erreicht wurde. Verblies man nun dieses heifse Roheisen im Konverter, so trat die Verbrennung von Kohlenstoff neben der von Silicium sehr bald und sehr energisch mit donnerndem Geräusch ein. Man nannte

[1]) Siehe Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingen. 1878, S. 305.

Digitized by Google

dies die Eruptionsperiode. Die Verbrennung des Kohlenstoffs unterdrückt die Oxydation des Siliciums. Die Temperatur der Eruptionsperiode, bei der Schmiedeeisen sofort schmilzt, giebt Müller auf 1600° C. an. Die Verbrennung des Kohlenstoffs bricht plötzlich ab; alsdann beginnen Silicium und Mangan zu verbrennen, wodurch eine Temperatursteigerung von 200° C. eintritt. Einwerfen von kaltem Eisen vermindert die Affinität des Kohlenstoffs zum Sauerstoff und befördert die Verbrennung des Siliciums.

Läſst man das Roheisen nicht mit 1400° C., sondern mit nur 1200° C. in die Birne flieſsen, so entwickelt sich von selbst der englische Prozeſs, bei dem anfangs kein Kohlenstoff, sondern nur Silicium und Mangan verbrennen, bis das Bad so erhitzt ist, daſs die Entzündung des Kohlenstoffs eintritt. Nach Müllers Beobachtung erhöht 1 Prozent Silicium die Temperatur des Bades um 300° C. In normalen Chargen werden etwa 1,4 Prozent Silicium und etwa ebenso viel Mangan verbrannt; so viel muſs also mindestens von diesen Stoffen im Roheisen vorhanden sein. Am Schluſs des Blasens tritt eine Sättigung des Bades mit oxydiertem Eisen ein.

Die Abfälle von Bessemerstahl in den Konverter nach Beendigung der Charge einzuwerfen, ist nach M. Tschernoffs Erfahrung (1878) nicht so vorteilhaft, als dieselben mit Roheisen im Kupolofen zu verschmelzen.

F. Osann[1]) schlug 1878 vor, den Bessemerprozeſs zu teilen und das Einsetzen und erste Blasen in einem mit plastischem Kohlenfutter ausgekleideten Konverter vorzunehmen, hierauf den Prozeſs in einem gewöhnlichen Konverter mit Kieselfutter zu vollenden.

Wicks & Howson bliesen 1879 zerstäubte Kohlenwasserstoffe mit dem Wind in den Konverter.

Sehr wichtig auch für den Betrieb waren die Fortschritte der theoretischen Erkenntnis des Bessemerprozesses in den siebziger Jahren. Die Grundlage hierfür bildeten gründliche, chemische Untersuchungen. Von diesen nennen wir die Analysen von G. J. Snelus von 1871 über den Bessemerprozeſs in Dowlais[2]), die von Keſsler[3]) über den eines norddeutschen Stahlwerkes (1872), von E. Barker[4]) über den eines englischen Stahlwerkes (1876), von Göransson und

---

[1]) Siehe Dinglers Pol. Journ. 1878, Bd. 230, S. 511.
[2]) Journal of the Iron and Steel Institute 1871, vol. II; Annales des mines, sér. 7, t. II, p. 332.
[3]) Siehe Dinglers Pol. Journ., Bd. 205, S. 436.
[4]) Siehe Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. XXVI (1876), S. 427.

Digitized by Google

Magnuson[1]) über das Bessemern zu Sandviken in Schweden 1877 und von Fr. C. G. Müller[2]) über den Prozeſs der Stahlwerke zu Osnabrück und zu Bochum 1878.

Als Beispiel führen wir Müllers Angaben über Osnabrück an, woraus der Verlauf des Prozesses bezüglich der Hauptbestandteile Kohlenstoff, Silicium und Mangan zu ersehen ist. Phosphor erleidet bei dem sauren Prozeſs keine, Schwefel nur eine geringe Verminderung.

Chemischer Verlauf des Bessemerns zu Osnabrück 1878:

	Im Roheiseneinsatz	Nach 5 Minuten	Nach 10 Minuten	Nach 18 Minuten	Nach Spiegeleisenzusatz und 40 Sek. Blasen
Kohlenstoff	3,46	2,71	1,63	0,092	0,104
Silicium	1,93	1,07	0,79	0,532	0,346
Mangan	2,99	1,92	1,36	0,538	0,621

Silicium, das gröſstenteils in der ersten Periode oxydiert, bildet das Heizmaterial. Man verwendete siliciumreicheres Roheisen als früher, welches jetzt auch infolge der stärkeren Erhitzung des Gebläsewindes der Hochöfen leichter zu haben war.

Keſsler und Barker haben bei ihren Untersuchungen in der ersten Periode des Bessemerns eine relative Kohlenstoffzunahme gefunden, was bei dem englischen Prozeſs ganz wahrscheinlich ist.

Die Schlacken, die in der Hauptsache ein Manganoxydulsilikat sind, haben bei dem Windfrischen nicht die Wichtigkeit wie bei dem Herd- und Flammofenfrischen und ihre Menge ist relativ gering. Die Oxydation von Silicium, Kohlenstoff und Mangan geschieht nicht durch Oxyde des Eisens in der Schlacke, sondern direkt durch den Gebläsewind. Die Bessemerschlacken sind hochsiliziert, haben groſse Neigung zu krystallisieren und zwar isomorph mit Silikaten der Augitgruppe. Wir erwähnen die Schlackenanalysen von Göransson und Magnuson zu Sandviken (1877). Daſs man zu Seraing (1875) den Kohlenstoffgehalt aus der Farbe der Schlacken erkannte, wurde bereits erwähnt.

[1]) Mitgeteilt von A. Tamm in Jern kontorets Annaler 1877; siehe auch Iron, vol. XIV, p. 3.

[2]) Siehe Zeitschrift des Vereins deutsch. Ingen. 1878, S. 385, 453.

Digitized by Google

Von grofsem theoretischen Interesse war die Untersuchung der **Gase** der Bessemerbirne, welche **Snelus** 1871 vornahm[1]). Sie hatte nachfolgendes Ergebnis:

	Nach 2	4	6	10	12	14
	Minuten Blasezeit					
Kohlensäure	10,71	8,57	8,20	3,58	2,30	1,34
Sauerstoff	0,92	—	—	—	—	—
Kohlenoxyd	—	3,95	4,52	19,59	29,30	31,11
Wasserstoff	88,37	0,88	2,00	2,00	2,16	2,00
Stickstoff[2])		86,58	85,28	74,83	66,24	65,55

Der Kohlenstoff verbrennt demnach erst zu Kohlensäure, dann zu Kohlenoxyd.

1873 veröffentlichte A. **Tamm** in Schweden Analysen von Bessemergasen von Westanfors[3]) und 1878 solche von Bessemergasen von Sandviken[4]).

Den Eintritt des „falschen Siebener" (s. S. 163) erklärte H. **Schwarz** 1874 aus dem Eintritt der Dissociation der Kohlensäure bei zu hoher Temperatur. Bei sehr grofser Hitze vermindert sich bekanntlich die oxydierende Wirkung des Sauerstoffs.

Holley wies 1874 nach, dafs Kohlenstoff unter Umständen durch Phosphor oder auch durch Silicium im Bessemerstahl ersetzt werde, und wies auf die Wichtigkeit des Nebeneinandervorkommens dieser Stoffe hin. Ein Stahl mit höherem Kohlenstoffgehalt ist deshalb viel empfindlicher gegen Phosphor als einer mit geringem Kohlenstoffgehalt. Er wies nach, dafs Stahl mit nur 0,30 Prozent Kohlenstoff erst bei 0,15 Prozent Phosphor brüchig wird, während Stahl mit 0,75 Prozent Kohlenstoff dies schon bei 0,05 Prozent Phosphor wird. Der Phosphor wirkt um so nachteiliger, wenn gleichzeitig noch andere Kaltbruch erzeugende Stoffe anwesend sind. In Amerika, wo man sehr reine Erze hat, galt damals 0,20 Prozent als Grenze für den Phosphor- und 0,10 Prozent als Grenze für den Schwefelgehalt. In Deutschland gestattete man nur einen Phosphorgehalt von 0,12 Prozent. **Durfee**, der 1874 in New York eine Reihe von Analysen von

[1]) Siehe Wagners Jahresbericht der chemischen Technologie 1872, S. 103.
[2]) Der Stickstoff ist durch Rechnung gefunden.
[3]) Jern kontorets Annal. 1873, Heft 5, und weiter noch in demselben 1878, S. 444.
[4]) Jern kontorets Annal. 1878, S. 444; Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1879, S. 266.

Digitized by Google

Bessemerroheisen veröffentlichte[1]), gab die Grenze für Phosphor zu 0.25 Prozent, die für Schwefel noch um ein geringes höher an.

Silicium hatte Karsten für eine besonders schädliche Beimengung angesehen und Eisen mit nur 0,05 Prozent Silicium verworfen. Er hatte aber die Nachteile dieser Beimengung überschätzt, wenigstens war für Bessemermetall ein höherer Gehalt zulässig. Derselbe erreichte nicht selten 0,5 Prozent, und Neuberg lieferte brauchbaren Bessemerstahl mit 1 Prozent Silicium. Dieses macht das Eisen härter, aber viel weniger als Kohlenstoff. Auch hierbei kommt der gleichzeitige Kohlenstoffgehalt in Betracht. Riley fand, daſs bei niedrigem Kohlenstoffgehalt Schienen mit 2 Prozent Silicium noch gut waren. Gautier wies nach, daſs Siliciumeisen mit 7 Prozent Silicium sich noch schmieden lieſs, wenn der Kohlenstoffgehalt fast Null war, daſs dagegen bei einem Kohlenstoffgehalt von 0,2 Prozent der zulässige Siliciumgehalt nur 1,5 Prozent betrug. Die Härtbarkeit wird durch Silicium beeinträchtigt.

Mangan macht den Stahl schweiſs- und dehnbar. Seine schädlichen Eigenschaften werden ausgeglichen durch Verminderung des Kohlenstoffgehaltes. Dies wiesen besonders Tessié du Motay und Euverte zu Terre noire nach, und die Eisenmanganmethode beruhte hierauf.

1878 zeigten Dr. Koninck und A. Ghilain, daſs das Silicium nicht als solches, sondern in Verbindung mit Mangan im Eisen gelöst sei, woraus sich auch erklären würde, daſs der Siliciumgehalt mit dem Mangangehalt zunimmt.

Friedr. C. G. Müller hat durch seine interessante Untersuchung 1878 nachgewiesen, wie hoch der pyrometrische Wärmeeffekt des Siliciums und wie gering der des Kohlenstoffs beim Verbrennen im Konverter ist. Während 1 Prozent Silicium, welches verbrennt, die Temperatur des Bades um 300° C. erhöht, beträgt die Wirkung des Kohlenstoffs nur etwa 10° C., ja wenn die Temperatur des Bades höher als 1500° C. ist, bringt der zu Kohlenoxydgas verbrennende Kohlenstoff sogar eine Abkühlung hervor, da das Maximum der Wärme, welche bei dieser Verbrennung erzeugt wird, nur diese Höhe erreicht. Das Silicium ist das wichtigste Heizmaterial bei dem Bessemerprozeſs; der pyrometrische Effekt beim Verbrennen von Eisen und Mangan ist etwa viermal geringer.

Von groſser Wichtigkeit für die Praxis war auch die chemische

---

[1]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1874, S. 466.

Digitized by Google

Untersuchung der Gase, welche in dem Stahl aufgelöst enthalten sind, da dieselben oft die Ursache des Steigens des Stahles in der Guſsform und von blasigem und infolgedessen unbrauchbarem oder schlechtem Gusse sind. Daſs Eisen Gase auflöst, hatten schon Troost und Hautefeuille nachgewiesen. Über die chemische Natur dieser Gase haben besonders die geistreichen Untersuchungen Dr. Friedr. Müllers (s. S. 352) Licht verbreitet. Er fand, daſs die im Bessemerstahl von Osnabrück enthaltenen Gase aus Wasserstoff mit nur ganz wenig Stickstoff bestanden. Kohlenoxydgas war nicht darin. Das im Roheisen aufgelöste Gas zeigt dieselbe Zusammensetzung. Diese Absorption von Wasserstoffgas tritt erst gegen Ende des Prozesses nach dem Totblasen ein, denn die während des Blasens genommenen Schöpfproben erstarren blasenfrei. Müller nimmt an, daſs die reichliche Kohlenoxydentwickelung während des Prozesses die Absorption verhindere oder die gelösten Gase fortführe. Deshalb bewirkt auch die nach dem Zusatz von Spiegeleisen eintretende Reaktion, welche von heftiger Kohlenoxydentwickelung begleitet ist, blasenfreien Guſs. War das Eisen nicht totgeblasen, so daſs nur wenig Eisenoxydul gelöst war, so trat diese Reaktion nicht energisch genug ein. Silicium, besonders in Verbindung mit Mangan, vermindert die Gasentwickelung.

Ein anderes Mittel, blasenfreien Guſs zu erhalten, ist, wie wir wissen, das Gieſsen unter Druck. Dies beruht aber umgekehrt nicht auf einer Entgasung, sondern darauf, daſs das flüssige Metall unter Druck mehr Gas gelöst zu erhalten vermag. Zur Herstellung blasenfreier Bessemerstahlgüsse hat H. R. Jones 1879 den Druck der hydraulischen Presse durch den von Wasserdampf ersetzt. Bei seinen erfolgreichen Versuchen in Pittsburg fand er, daſs für gewöhnlichen Schienenstahl ein Druck von 7 kg pro Quadratcentimeter genüge, daſs aber ein Druck von 11 kg pro Quadratcentimeter den besten Erfolg zeige.

Die Hauptverwendung des Bessemerstahls war für Eisenbahnmaterial, namentlich für Schienen, doch kam er auch für Stahlguſs mehr und mehr in Aufnahme.

Die amerikanischen Schienen zeigten (1877) ziemlich gleichmäſsig nachfolgende Zusammensetzung: Kohlenstoff 0,3 bis 0,4, Phosphor 0,09 bis 0,12, Silicium 0,05 bis 0,12, Schwefel 0,04 bis 0,12, Mangan 0,3 bis 0,6. Man bemühte sich, diese Grenzen festzuhalten. Für Kesselbleche wählte man einen weichen und zähen Stahl mit 0,15 bis 0,20 Prozent Kohlenstoff. Der Kohlenstoffgehalt wurde mit der

Digitized by Google

Eggertzschen Probe kontrolliert. Zu Seraing unterschied man 1879 folgende vier Stahlsorten:

Sorten	Kohlenstoff-gehalt Prozent	Zug-festigkeit kg	Dehnung Prozent	Schweifs- und Härtbarkeit
1. Extraweich . .	0,05 bis 0,20	25 bis 37	8	schweifst, ohne hart zu werden.
2. Weich	0,20 „ 0,35	32 „ 38	20 bis 27	schweifst schlecht, wird etwas hart.
3. Hart	0,35 „ 0,50	38 „ 46	15 „ 20	schweifst nicht, härtbar.
4. Extrahart . . .	0,50 „ 0,65	46 „ 51	5 „ 10	unschweifsbar, sehr leicht härtbar.

Folgende Zusammenstellung zeigt die Produktion und die Gestehungskosten der wichtigsten Bessemerstahl erzeugenden Gebiete Europas 1879.

Land		Gestehungs-kosten pro 100 kg Mark	Produktion Tonnen
England	Cleveland	11,20	85 000
	Sheffield	16,00	210 000
	Wales	—	250 000
	Cumberland und Lancaster	—	280 000
		—	825 000
Deutschland (Westfalen)		16,00	425 000
Belgien		16,00	110 000
Frankreich (Nord-Ost)		32,00	300 000

Im ganzen soll 1879 die Bessemerstahlproduktion dieser vier Länder 2 080 000 Tonnen betragen haben. Hierzu wurden 2 400 000 Tonnen Roheisen verblasen, zu deren Erzeugung folgende Erze nach Ländern und Mengen verwendet wurden:

	Tonnen
Erze aus Cumberland und Lancaster	2 200 000
„ „ Bilbao	1 160 000
„ „ Algier	400 000
„ „ Elba	200 000
„ „ Deutschland	800 000
	4 760 000

Digitized by Google

B. Die Erfindung und Einführung des Thomasprozesses.

1878 bis 1883.

Einen so grofsartigen Aufschwung die Bessemerstahlfabrikation in den siebziger Jahren aber auch genommen hatte, so hing doch wie ein hemmendes Schwergewicht an ihrer Entwickelung der Umstand, dafs nur reine, phosphorfreie Erze zur Erzeugung des Bessemerroheisens verwendet werden konnten. Phosphorfreie Eisenerze sind aber seltener und teurer als phosphorhaltige. Letztere bilden nach G. Thomas mehr als neun Zehntel aller europäischen Eisenerze. In manchen Ländern kommen erstere gar nicht oder nur in geringen Mengen vor. Diese mufsten die Erze oder das Roheisen für den Bessemerprozefs oft von weither beziehen, was den pneumatischen Prozefs verteuerte und beschränkte. Die Frage der Entphosphorung des Eisens stand deshalb im Mittelpunkte des Interesses aller Eisenhüttenleute. Ihre Wichtigkeit drängte sich von Jahr zu Jahr mehr auf. Konnte dieses Problem in einfacher Weise gelöst werden, so stand dem Siegeslauf des Flufseisens keine Schranke mehr im Wege. Kein Wunder, dafs deshalb zahllose Versuche gemacht wurden, dieses Ziel zu erreichen. Diejenigen, welche bezweckten, die Abscheidung des Phosphors im Konverter selbst zu bewirken, hatten bis dahin den geringsten Erfolg gehabt. Man versuchte, diese deshalb schon bei den vorausgehenden Prozessen zu bewirken, teils durch eine entsprechende Behandlung der Erze, teils durch Zuschläge im Hochofen, teils, und damit hatte man bis jetzt noch die besten Erfolge erzielt, durch einen vorbereitenden Schmelzprozefs zur Reinigung des Roheisens vor dem Verblasen. Wir haben diese verschiedenen Vorbehandlungen zum Zwecke der Entphosphorung bereits geschildert.

Billiger und zweckmäfsiger mufste es sein, die Entphosphorung in dem Konverter in Verbindung mit der Entkohlung zu bewirken, auch war der Weg zu diesem Ziel bestimmt genug vorgeschrieben: Ersatz des kieselsauren Futters durch ein basisches. Ein reines Kalkfutter liefs eine weitgehende Entphosphorung erhoffen. Aber darin lag eben die grofse Schwierigkeit. Die basischen Stoffe, die hierfür geeignet schienen, waren für sich unschmelzbar, sie hafteten in der Hitze nicht zusammen, zerfielen und lieferten kein haltbares Futter. Alle Versuche, an denen sich erfahrene, hervorragende

Digitized by Google

Metallurgen beteiligt hatten waren hieran gescheitert. Die Hoffnung, auf diesem Wege zu dem ersehnten Ziele zu gelangen, war infolgedessen sehr gesunken.

Deshalb war es nicht sehr zu verwundern, dafs, als im Herbst 1878 bei dem Meeting, welches das Iron and Steel Institute gelegentlich der Weltausstellung in Paris abhielt, ein junger Mann von 28 Jahren, zartem Körperbau, unscheinbarem Aussehen, der eine praktische Thätigkeit in der Eisenindustrie nicht aufzuweisen hatte, mit der Behauptung auftrat, es sei ihm gelungen, die Frage der Entphosphorung durch die Herstellung eines basischen Futters im Konverter zu lösen, dies nur geringe Beachtung fand und man den von ihm angemeldeten Vortrag wegen vorgerückter Zeit von der Tagesordnung absetzte. Dieser junge Mann war Sidney Gilchrist Thomas, und worüber er berichten wollte und was anzuhören die Versammlung hervorragender Eisenindustrieller verschmähte, war die grofse Erfindung, die bald darauf unter dem Namen des Thomasverfahrens die gröfste Sensation erregte und einen Triumphzug durch alle Industrieländer hielt, so rasch und erfolgreich, wie wohl kaum jemals eine andere technische Erfindung.

Es lag ihr durchaus keine neue erfinderische Idee zu Grunde, wie z. B. dem Bessemerprozefs, sie stellt sich vielmehr nur dar wie die erstaunlich einfache Lösung einer allseitig gestellten Frage — nicht unähnlich dem Ei des Kolumbus. Dafs diese Lösung aber eminent praktisch und dabei wohl durchdacht und durchprobiert war, darin liegt das unsterbliche Verdienst des genialen Erfinders, der dadurch ein Wohlthäter der Menschheit geworden ist. Leider hat er nur die Anfänge des grofsartigen Erfolges seiner Erfindung erlebt, indem er dem Leiden, dessen Keime schon bei seinem ersten öffentlichen Auftreten bemerkbar waren, nach wenig Jahren, in seinem 35. Lebensjahr, am 1. Februar 1885 zu Paris erlag.

Sidney G. Thomas, geboren 1850 zu Battersea, London, studierte Hüttenkunde auf der königlichen Bergschule (Royal school of mines), wo er John Percys Vorlesungen über Eisenhüttenkunde hörte. Hier fand er wohl die Anregung für sein weiteres Streben. Nachdem er ein gutes Examen abgelegt hatte, richtete er sich in London für seine Studien ein kleines metallurgisches Laboratorium ein. Dafs er der Frage der Entphosphorung seine besondere Aufmerksamkeit zuwendete, war fast selbstverständlich. Er schlug dabei den richtigen Weg ein, indem er die Herstellung eines haltbaren, basischen Konverterfutters erstrebte. Die ersten Versuche hierfür stellte er, mit allerdings sehr

Digitized by Google

unvollkommenen Apparaten, im Jahre 1876 an. Der 1877 erschienene zweite Band von Gruners Metallurgie, worin der nachteilige Einflufs der kieselsauren Schlacke auf die Abscheidung der Phosphorsäure besonders hervorgehoben ist, bestärkte ihn in seiner Arbeit. Im Herbst 1877 stellte er mit einem kleinen, von ihm konstruierten Konverter, der 6 Pfund fafste, mit einem Futter aus Ätzkalk und Wasserglas Versuche an. Nachdem diese befriedigend ausgefallen waren, strebte er danach, seine Versuche in gröfserem Mafsstabe zu wiederholen. Zu diesem Zwecke wendete er sich an seinen Vetter Percy C. Gilchrist, Chemiker auf dem Bleanavon-Eisenhüttenwerk in Südwales. Dieser erwirkte von dem Leiter des Werkes Martin, der die Bedeutung der Versuche der jungen Hüttenleute erkannte, die Erlaubnis, einen vorhandenen kleinen Konverter, der 3 bis 4 Centner fafste, für ihre Versuche benutzen zu dürfen. Diese bestätigten den günstigen Erfolg der Laboratoriumsversuche[1]), und nun meldete Thomas sein erstes Patent an, welches ihm zu Anfang 1878 erteilt wurde. Am 26. März 1878 erhielt er sein erstes deutsches Reichspatent (Nr. 6080). Der Grundgedanke dieser Patente ist die Anwendung von Wasserglas von 1,5 specifischem Gewicht zur Herstellung eines haltbaren, basischen Konverterfutters. Hierzu soll[2]) gewöhnlicher gemahlener Kalk, möglichst frei von Phosphorsäure, mit 5 bis 15 Gewichtsteilen einer Lösung von Wasserglas (Natrium- oder Kaliumsilikat) — oder mit ungefähr derselben Menge Thon oder Thonschiefer — oder mit 10 bis 12 Prozent gemahlener Hochofen- oder Erzschlacke gemengt werden. Portlandcement oder jeder andere hydraulische Kalk oder irgend ein natürliches Magnesiasilikat kann ebenfalls als Bindemittel benutzt werden. Eine Mischung von 3 Tln. Kalk und 2 Tln. Portlandcement sei für sehr zweckentsprechend gefunden worden. Magnesiakalkstein, Magnesia, kohlensaure Magnesia, Kalk oder kohlensaures Baryt können in diesen Mischungen an Stelle des Kalksteins eingeführt werden, wenn auch Kalkstein für gewöhnlich vorzuziehen ist. Als besonders zweckmäfsig wird eine Mischung von 80 bis 88 Tln. Kalk mit 5 Tln. einer Natronsilikatlösung und 10 Tln. Thon oder Hochofenschlacke empfohlen. „Kalkarten, welche von Natur aus genügende Mengen Kieselsäure und Thonerde enthalten, um als Bindemittel zu wirken, können manchmal allein oder, falls sie

---

[1]) Siehe Iron 1878, Nr. 331, vom 11. Mai; von Ehrenwerth in Österreich. Zeitsch. für Berg- und Hüttenwesen 1879, S. 277 etc.

[2]) Siehe Wedding, Die Darstellung des schmiedbaren Eisens, I. Ergänzungsband 1884, S. 32.

so viel Kieselsäure und Thonerde enthalten, dafs sie nicht feuerfest sein würden, mit reinerem Kalk gemischt, angewendet werden.“ Bei allen Mischungen soll darauf Bedacht genommen werden, dafs die getrocknete Masse nicht mehr als 12 Prozent Kieselsäure enthält.

Die Mischungen sollen entweder in feuchtem Zustande in einer Stampfmühle oder einem Mörser eingestampft oder in Ziegel geformt werden. Als Mörtel für letztere wurde eine gleiche basische Mischung empfohlen. Im allgemeinen hielt Thomas ein Trocknen bei mäfsiger Temperatur und ein Brennen bei hoher Temperatur für nötig, nur bei den Ziegeln, welche lediglich aus Kalk und Wasserglas bestehen sollten, hielt er das Trocknen bei mäfsiger Hitze für das beste Verfahren.

Dieses war der erste und wichtigste Schritt zur Herstellung eines basischen Konverterfutters. Der Grundgedanke war, Kalk oder Magnesia oder ein Gemenge von beiden mit nur so viel Kieselsäure zu vermischen, dafs die Masse in hoher Hitze zusammenfrittet, aber nicht schmilzt. Die Masse soll dabei plastisch sein, um sich einstampfen oder in Ziegel formen zu lassen. Thomas wählte, um dies zu erreichen, zuerst Wasserglas. Dieses war auch ganz zweckmäfsig für seine Laboratoriumversuche. Für die Anwendung im grofsen eignete es sich dagegen nicht, weil es einerseits zu teuer war, andererseits die Alkalisilikate mit Kalk oder Dolomit nicht genügend haltbare Produkte gaben. Die praktische Erfahrung bei den Versuchen im grofsen führte Thomas bald dazu, dafs Dolomit und Thon die geeignetsten Stoffe zur Herstellung eines haltbaren basischen Futters seien, und hierauf nahm er sein zweites wichtiges Patent vom 5. Oktober 1878 (D. R. P. Nr. 5869) auf „ein Verfahren zur Herstellung von feuerfesten, basischen Ziegeln durch Mischen von magnesiahaltigem Kalkstein mit geringen Mengen von Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd, Formen der Masse zu Ziegeln und Brennen derselben bei Weifsglühhitze“.

Die Enttäuschung, die Thomas 1878 in Paris dadurch erfuhr, dafs die englischen Eisenhüttenleute es nicht der Mühe wert fanden, seinen Vortrag anzuhören, schlug zu seinem Glück aus. Damals stand er noch ganz auf dem Boden seines ersten Patentes und hatte nichts dafür vorzubringen als die Erfolge der doch immerhin beschränkten Versuche zu Bleanavon. Infolge der Versammlung in Paris trat er mit einem erfahrenen, vorzüglichen Eisenhüttenmann, der den Wert der Erfindung richtig erkannte, in Verbindung. Es war dies Windsor Richards, Direktor des grofsen Eston-Bessemerwerkes von Bolckow, Vaughan & Co. bei Middlesborough. Dieser lud ihn ein, sein neues

Digitized by Google

Verfahren bei ihm im grofsen zu versuchen. Durch diese treffliche Unterstützung erweiterte sich rasch der Gesichtskreis von Sidney G. Thomas und der Prozefs wurde von ihm zu solcher Höhe gebracht, dafs er ihn auf dem nächsten Meeting des Iron and Steel Institute im Frühjahr 1879 als etwas Fertiges und Erprobtes nicht nur vortragen, sondern auch vorzeigen konnte.

Ehe wir aber die weitere Entwickelung des Thomasprozesses betrachten, ist es nötig, einiges über die Vorgeschichte desselben zu berichten.

Der Gedanke, durch eine basische Auskleidung des Konverters die Abscheidung von Phosphor und Schwefel herbeizuführen, lag zu nahe, als dafs er nicht schon vor dem Jahre 1878 gemacht worden wäre. Der erste Vorschlag derart rührte von Peter Tunner aus dem Anfang der sechziger Jahre her, der eine Auskleidung von gebranntem Magnesit, also ein Magnesiafutter empfahl. H. Wedding und Daelen schlugen Eisenoxydfutter wie bei den Danksöfen vor. Ausgeführt wurden diese Vorschläge aber nicht. Dagegen machte Wilhelm Siemens auf Chateliers Anregung hin im Jahre 1863 Versuche mit basischem Futter in seinem Regenerativflammofen, die jedoch nicht den gehofften Erfolg hatten.

Lencauchez nahm 1865 in Frankreich ein Patent auf basische Ziegel aus gebranntem Kalk unter Zusatz von schweren Kohlenwasserstoffölen, Zinkoxyd, Borax, Glas oder Sand. Das Gemisch sollte in Formen geprefst, mit Chlorcalcium getränkt werden und zur Auskleidung der Bessemerbirnen dienen. Seine Idee kam aber ebenso wenig wie die 1869 von Müller in Paris, der Magnesia empfahl, oder die von Tessié du Motay und Pourcel zur Anwendung. Ein ähnliches Patent nahm Jacob Reese in Amerika 1866.

Auch Emil Andre, der 1865 bei den Versuchen des Bessemerprozesses auf der Königshütte in Schlesien mit thätig war, schlug schon damals zur Entphosphorung des einheimischen Roheisens ein basisches Birnenfutter aus gebranntem Kalk oder Dolomit mit Zusatz eines Sinterungsmittels vor. Die Bergbehörde lehnte aber die Anstellung eines Versuches ab.

Von gröfserem Erfolg waren die Versuche und das Patent von George J. Snelus im Jahre 1872. Er war wirklich auf dem richtigen Wege zur Herstellung eines basischen Konverterfutters aus Ätzkalk, setzte aber seine angefangenen Versuche infolge seiner Versetzung in eine andere Stelle nicht fort und liefs die Sache fallen. Auf den grofsen Erfolg von Thomas hin reklamierte er die Priorität der Er-

findung und Thomas gestand dies als nicht ganz unberechtigt zu und fand sich mit Snelus auf gütlichem Wege ab. Das hüttenmännische Publikum bekam aber eigentlich erst durch Snelus' Reklamation Kenntnis von seinen Versuchen.

Knowles schlug am 26. November 1873 eine basische Auskleidung von Bauxit mit Eisen- oder Manganoxyd zur Entphosphorung vor.

Dafs der berühmte französische Metallurg Gruner in seinem Lehrbuch um die Mitte der siebziger Jahre auf die basische Auskleidung der Konverter hingewiesen hatte, haben wir bereits erwähnt. Er empfahl gebrannten Dolomit mit Thon oder gebranntem Bauxit, „welcher", wie er sagt, „durch grofse Hitze ein basisches Eisenaluminat von Kalk- und Talkerde bildet, das den Vorteil hätte, die Phosphorsäure aufzunehmen". Im zweiten Bande wies er beim Feinen wiederholt auf eine basische Auskleidung der Konverter- und Siemensöfen zur Entphosphorung hin, indem er hinzufügte: „Hier sowie in der Anwendung fester Reagentien hat man noch ein weites Feld für die Untersuchung der Hüttenleute." Trotz alledem gebührt Sidney Gilchrist Thomas das unbestrittene Verdienst, zuerst ein brauchbares basisches Konverterfutter erfunden und eingeführt zu haben.

Das basische Futter bildete die Grundlage, war aber doch nur ein Teil der Erfindung von Thomas, als deren zweites Glied der reichliche Kalkzuschlag während des Prozesses, um die bei dem Oxydationsprozefs gebildeten verschlackbaren Säuren, Kieselsäure und Phosphorsäure, zu binden, und als deren drittes das „Nachblasen" zu bezeichnen ist. Die Wichtigkeit des reichlichen Kalkzuschlages und des Nachblasens trat erst bei den Versuchen im grofsen, welche Thomas auf dem Estonwerk in einem 10-Tonnen-Konverter im Winter 1878/79 ausführen durfte, deutlich hervor, und aus diesen Erfahrungen ist das dritte grundlegende Patent vom 10. April 1879 (D. R. P. Nr. 12700) hervorgegangen. In diesem wird als Patentanspruch aufgeführt: „Das Nachblasen nach vollendeter Entkohlung in Verbindung mit dem Zusatz basischer Substanzen, durch welche eine erdbasische Schlacke erzeugt wird, bei der Entphosphorung des Eisens in einer mit basischem Futter versehenen Bessemerbirne." Dieses Nachblasen nach der Verbrennung des Kohlenstoffs bewirkt erst die Entphosphorung des Eisens, die nicht früher eintritt, weil vorher der Kohlenstoff reduzierend auf sich bildende Phosphorsäure wirkt.

Als hierauf S. G. Thomas am 8. Mai 1879 in der Frühjahrsversammlung des Iron and Steel Institute seinen Vortrag über die

Entphosphorung im Konverter hielt, lauschten die Mitglieder, die ihn neun Monate zuvor nicht hatten anhören wollen, mit gespanntester Aufmerksamkeit, und als er ihnen seinen Prozefs in Anwendung auf dem Eston-Eisenwerk zeigen konnte, da war nur eine Stimme des Lobes und der Anerkennung und die Kunde von dem neuen Entphosphorungsverfahren — dem Thomas-Gilchristprozefs, wie er genannt wurde, weil Thomas die praktischen Versuche mit seinem Vetter Percy C. Gilchrist gemeinschaftlich gemacht hatte — verbreitete sich rasch durch alle Länder.

Der Altmeister im Eisenhüttenwesen, Peter von Tunner[1]), war einer der ersten, welcher die grofse Bedeutung des Thomasierens, wie er es nannte, namentlich für Herstellung von Qualitäts-Flufseisen, erkannte. Dem Professor der Eisenhüttenkunde Josef Gängl von Ehrenwerth[2]), damals Adjunkt an der Bergakademie zu Leoben, gebührt aber der Ruhm, der erste gewesen zu sein, der (am 25. Mai 1879) in lichtvoller Weise die Theorie des basischen Prozesses entwickelte, der feststellte, dafs der Phosphor beim Thomasieren in Bezug auf die Wärmeerzeugung die ähnliche Rolle spielt wie das Silicium beim Bessemern, und rechnungsmäfsig nachwies, dafs die durch die Verbrennung des Phosphors erzeugte Wärme hinreiche, das Eisenbad flüssig zu erhalten[3]).

Im übrigen verlief der Prozefs analog dem Bessemern. Mangan, Silicium und Kohlenstoff wurden durch die Gebläseluft oxydiert und unter Bildung von Kohlenoxyd und Mangan-Eisenoxydul Silikat abgeschieden, dieses dann durch Kalk zerlegt unter Abscheidung von Eisenoxydul und Bildung eines Mangan-Kalksilikates. Phosphor wird von Beginn des Blasens an teilweise verschlackt, seine gänzliche Abscheidung findet also erst nach der Entfernung von Silicium und Kohle statt. Das gebildete Eisenphosphat wird durch Kalk zerlegt und das freigewordene Eisenoxydul teils durch Kohlenstoff des Metalls und der Gase reduziert, teils durch die oxydierende Wirkung der Gebläseluft in Eisenoxyduloxyd ($Fe_3 O_4$) übergeführt und von der Schlacke aufgelöst.

Man hatte auch in Österreich und zwar zu Witkowitz bereits im August 1879 Versuche mit dem neuen Verfahren von Thomas-

---

[1]) Siehe Zeitschr. für den berg- und hüttenmänn. Verein für Steiermark und Kärnten, Nr. 12.

[2]) Studien über den Thomas-Gilchristprozefs in Österreich. Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1879, S. 599, 619 bis 629.

[3]) Siehe Österreich. Zeitschr. 1879, S. 341 etc.

Digitized by Google

Gilchrist angestellt, der erste durchschlagende Erfolg hiermit wurde aber in Westdeutschland zu Hörde und den rheinischen Stahlwerken bei Ruhrort-Meiderich, wo am 22. September die ersten Chargen erblasen wurden, erzielt. Es geschah dies unter Anwendung eines Dolomitfutters und phosphorreichen Roheisens aus Luxemburg und von Ilsede. Direktor Massenez und Oberingenieur Pink zu Hörde und Gustav Pasteur zu Ruhrort gebührt das Verdienst für die gelungene Durchführung. Beide Werke hatten gemeinschaftlich die Patente von Thomas und Gilchrist für Deutschland erworben in der Weise, dafs sie gewissermafsen die Generalagenten der Erfinder für Deutschland wurden.

Wir wollen nun kurz die Entwickelung des Prozesses nach den drei Hauptmerkmalen, dem basischen Futter, den Zuschlägen und dem Nachblasen, betrachten, um dann die Fortschritte der Theorie des Prozesses und seine technische Ausgestaltung weiter zu verfolgen.

Die Thomasbirne war dieselbe wie die Bessemerbirne und darin lag ein grofser Vorteil, weil man die in den Bessemerstahlwerken vorhandenen Einrichtungen unverändert für den neuen Prozefs verwenden konnte. Es zeigte sich allerdings bald als zweckmäfsig, grofse Konverter zu benutzen, weil die gröfsere Schlackenmenge viel Raum erforderte, so dafs ein 10-Tonnen-Konverter für das Bessemerverfahren kaum 7 Tonnen Einsatz beim Thomasverfahren gestattete. Aus demselben Grunde erwies es sich (in Eston) als vorteilhaft, die Birnen hoch und symmetrisch zu machen, so dafs die obere Öffnung in der Mittelachse lag. Hierdurch verminderte sich der Verlust durch Herausschleudern, indem die flüssige Masse gröfstenteils wieder in die Birne zurückfiel.

Eigenartig und von gröfster Wichtigkeit war die Auskleidung der Birnen, das basische Futter.

Zunächst kam dabei das Material in Betracht. Hierfür hatte Thomas, wie (S. 636) erwähnt, zuerst Kalk und Wasserglas vorgeschlagen, dann aber, durch die Erfahrung belehrt, einem Gemenge von magnesiahaltigem Kalk mit Thon den Vorzug gegeben. Er erhob in seinem zweiten Patent vom 5. Oktober 1878 Patentanspruch auf:

1. die Herstellung basischer, feuerfester Ziegel aus magnesiahaltigem Kalkstein — mit variabelem Kalk- und Magnesiagehalt — und 3 bis $4\frac{1}{2}$ Prozent Thonerde, 5 bis 9 Prozent Kieselsäure und mit Eisenoxyd bis zu 2 Prozent oder ohne solches; ferner die Anwendung eines künstlichen Gemenges von Kalk und Magnesia mit diesen Zusätzen in den angegebenen Verhältnissen;

Digitized by Google

2. das Brennen der aus diesen Materialien hergestellten Ziegel bei einer die Brenntemperatur feuerfester Thonziegel übersteigenden Hitze, nämlich intensiver Weifsglut;
3. das Brennen der Ziegel in einem im Innern aus basischem Material hergestellten Ofen oder zwischen neutralen, Kieselsäure nicht abgebenden Substanzen.

Die Herstellung der richtigen Mischung von Dolomit und Thon ist für jedes Werk eine Sache des Versuchs und der Erfahrung, bedingt durch die gegebenen Materialien. Zu Hörde und auf den rheinischen Stahlwerken hat man lange experimentiert, ehe man die richtige Mischung ausfindig machte. In Hörde setzte man dem gemahlenen Dolomit von Westheim, der schon Thon enthielt, noch 2 bis 4 Prozent Thon zu. Auf den rheinischen Stahlwerken vermischte man gemahlenen Kalkstein mit feuerfestem Lehm. Der Thon diente nur als Bindemittel bei dem Brennen der Ziegel, um ein Zusammenfritten der basischen Grundmasse zu bewirken. Auch den grofsen rheinischen Fabriken für feuerfeste Steine, besonders Dr. Otto in Dahlhausen und Vygen & Co. bei Duisburg gelang es, mit Beihülfe des Ingenieurs Pink zu Hörde bald gute basische Ziegel für den Thomasprozefs zu erzeugen. An Stelle des Dolomits schlug man vielfach gebrannten Magnesit oder Magnesia vor, der auch auf einigen Hütten in Anwendung kam. In Frankreich hatten Müller in Paris, Caron und Tessié du Motay bereits Anfang der siebziger Jahre Versuche mit Magnesiaziegel aus Magnesit von Euböa gemacht. In Österreich bediente man sich des Magnesits aus dem Veitschthal in Steiermark, in Schlesien kam der von Frankenberg zur Verwendung, der besonders von der Hauptschen Fabrik zu Brieg zu Ziegeln verarbeitet wurde. Die Anwendung reiner Magnesia aus Laugen gefällt empfahl G. d'Adelswärd zu Paris 1879 (D. R. P. Nr. 11321), der Dolomit in Salzsäure löste und daraus die Magnesia durch Kalk fällte. Dieses Verfahren erwies sich als zu kostspielig. Andere schlugen die Verarbeitung gewisser Abfalllaugen vor; so wollte Rümpler die Chlormagnesiumlaugen der Kalifabriken durch gebrannten Kalk ausfällen (D. R. P. Nr. 8777), Gebr. Ramdohr (D. R. P. Nr. 9473, 11540, 11746) verarbeiteten dieselben Laugen auf andere Art. Closson (D. R. P. Nr. 11456) behandelte gebrannten Dolomit mit gewissen chlormagnesiumhaltigen Laugen, aus denen die Magnesia durch Kalk gefällt wurde. Dieses Verfahren wurde in Hörde versucht, aber bald wieder aufgegeben. Scheibler (D. R. P. Nr. 14936) schied die Magnesia aus dem gebrannten Dolomit durch verdünnte

Digitized by Google

Zuckerlösung (Melasse) ab. Auch dieses Verfahren wurde versuchsweise in Hörde eingeführt. Zu Witkowitz in Mähren und zu Kladno in Böhmen wendete man anfangs wegen Mangels an Dolomit reine Kalkziegel an, die aber schneller als Dolomitziegel Wasser anziehen und zerfallen. In Hörde und Königshütte machte man auch Versuche, den Dolomit durch Calciumphosphat aus Knochenasche oder Phosphorit zu ersetzen. Strontianit, der bei Münster in Westfalen in gröfseren Mengen vorkommt, wurde von Stöckmann 1883 (D. R. P. Nr. 24 226) vorgeschlagen. Bauxit versuchte 1879 die Gutehoffnungshütte bei Oberhausen (D. R. P. Nr. 9701) zu verwenden. H. D. Poch in Barnefs probierte es mit einem Futter von Chromeisenstein, was übrigens vor ihm bereits Pourcel zu Terre noire gethan hatte. Alle diese Surrogate wurden aber ebenso wie das von Osann vorgeschlagene Kohlenfutter als zu kostspielig wieder aufgegeben und man blieb bei dem von Thomas angegebenen Dolomitfutter.

Noch zahlreicher sind die Vorschläge, welche gemacht wurden, um das Bindemittel, den Thon, welcher das Zusammenfritten der basischen Grundmasse in der Hitze bewirkt, zu ersetzen. Von diesen sind nur zu erwähnen die gründlichen Versuche, welche Althanns in Breslau in Gemeinschaft mit Junghann und Uelsmann 1879 auf der Königs- und Laurahütte vornahm. Sie verwendeten in erster Linie Chlorcalcium als Bindemittel, dann gingen sie zu Fluoriden (Flufsspat oder Kryolith), hierauf zu Karbonaden der Alkalien und endlich zu den kaustischen Alkalien über. Bei allen diesen Stoffen tritt beim ersten Brennen der Masse eine grofse Volumverminderung ein. Um Ziegel zu erhalten, mufs man die gebrannte Masse mahlen, wieder mit einer geringeren Menge des Bindemittels mengen, in Formen pressen und zum zweitenmal brennen. Die so erhaltenen Ziegel haben sich aber nicht bewährt, einerseits war ihre Haltbarkeit eine ungenügende, andererseits wurden sie zu teuer. Dasselbe gilt von den mit Borsäure als Bindemittel hergestellten Ziegeln der Borsigwerke (D. R. P. Nr. 12 196). Noch weniger bewährten sich die Versuche mit Mennige, Bleiglätte, Manganerzen, Eisen- und Hochofenschlacken.

Von grofser Wichtigkeit für die Herstellung guter basischer Ziegel war es, dafs der Dolomit bei sehr hoher Temperatur totgebrannt wurde, wie dies besonders von Massenez in Hörde hervorgehoben wurde. Thomas verlangt in seinem Patent bereits „Weifsglühhitze, bis die ganze Thonerde und Kieselsäure eine Verbindung mit dem Kalk und der Magnesia gebildet hat“. Diese sehr hohe Temperatur

Digitized by Google

(beträchtlich diejenige übersteigend, bei welcher feuerfeste Thonziegel gebrannt werden) ist unbedingt notwendig zur Erzeugung guter basischer Ziegel. Die Brennöfen für den Dolomit und die Ziegel müssen ebenfalls mit basischem Futter ausgekleidet sein. Das Brennen geschah entweder in Schachtöfen, wie z. B. in Alexandrowsky, oder in Gasflammöfen oder in Ringöfen (Mendheims Gasringofen zu Hörde). Totgebrannter Dolomit ist aber nicht plastisch; um ihm Plastizität zu verleihen, mufs man ihm einen Stoff beimischen, der ihn bildsam macht und doch der Glut widersteht, als solcher hat sich Steinkohlenteer, der ebenfalls von Thomas bereits in Vorschlag gebracht worden war, am besten bewährt. Der Teer mufs wasserfrei sein und wird deshalb vor seiner Verwendung erst gekocht. Die Mischung mit dem gemahlenen Dolomit, von dem man zuvor das Feinste abgesiebt hat, geschieht in der Regel auf einem Kollergang. Man setzt etwa 10 bis 20 Volumprozent Teer dem Dolomit zu. Die so erhaltene Mischung kann entweder direkt zur Herstellung des Futters durch Aufstampfen mit stark erwärmten Stampfern um eiserne Modelle oder zur Herstellung von Ziegeln verwendet werden. Diese Teerziegel werden dann gebrannt, wobei der Teer abdestilliert oder zersetzt wird, so dafs der zurückbleibende koksartige Kohlenstoff den Kitt für die basische Masse abgiebt.

Auch für den Teer hat man vielerlei Ersatzmittel vorgeschlagen. Schon 1879 empfahl Riley rohes Petroleum, doch haben die damit angestellten Versuche gezeigt, dafs sich dasselbe in der Hitze so vollständig verflüchtigt, dafs kein ausreichendes Bindemittel zurückbleibt.

Sodann wurde Blut vorgeschlagen von Melaun, Mehlkleister von E. Andre, Leim von Closson, Leinöl von Kirkpatrick, Melasse von Ramdohr; aber weder diese Klebmittel noch die von Kerpely empfohlene Essigsäure oder der gleichfalls von Andre empfohlene frischgefällte schwefelsaure Kalk, oder die von Haarmann angewendete Kalkmilch konnten den Steinkohlenteer verdrängen.

Das Futter der Birne wurde aufgemauert oder aufgestampft. Wendete man beim Ausmauern Dolomit- oder Magnesiaziegel an, so verband man dieselben mit Teermörtel; wendete man Teerziegel an, so mauerte man ohne Mörtel, weil beim Erhitzen die Fugen von selbst zuschmolzen. Beim Ausstampfen wurde die basische Masse mit Teer angemacht. Statt des Aufstampfens schmolz man in Middlesborough die mit Teer gemischte Masse, die man in Klumpen in den Zwischenraum zwischen der Wand und eingesetzten Blechringen warf, zusammen.

Digitized by Google

Ein basisches Futter hielt nach Thomas' Angabe von 1881 durchschnittlich 50 Hitzen aus. Es gelang aber in den folgenden Jahren, die Haltbarkeit des Futters zu erhöhen, so dafs Wedding dieselbe 1884 bereits auf 100 bis 120 Hitzen angiebt[1]). Dagegen wurde der Boden viel schneller abgenutzt und bedurfte einer häufigen Erneuerung. Thomas gab die Haltbarkeit der Böden 1881 auf 14 Hitzen an, während die gestampften Böden zu Hörde nach Pinks Angabe nur neun Hitzen aushielten. 1884 betrug dagegen die durchschnittliche Haltbarkeit nach Weddings Angabe bereits 18 Hitzen. Die Herstellung und Auswechselung der Konverterböden war eine besonders wichtige Sache beim Thomasverfahren. Anfangs versuchte man die Windformen im Boden ebenfalls aus basischem Material

Fig. 260.

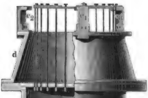
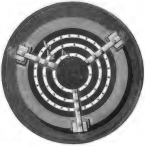


Fig. 261.



herzustellen, und Thomas gab dafür verschiedene Mischungen[2]) an. Aber weder diese noch die aus Teermasse hergestellten erwiesen sich als haltbar, so dafs man dieselben entweder durch gebrannte Thonformen, also saure Formen, oder durch Dornböden, Fig. 260, 261, die nach den von Rühle von Lilienstern[3]) für die Böden der Bessemerbirnen angegebenen Verfahren (S. 619) aus teerhaltiger Masse aufgestampft wurden. Diese Masse, welche aus etwa erbsengrofsen Körnern von totgebranntem Dolomit und 7 bis 12 Prozent Teer bereitet wird, stampft man lagenweise auf. Für einen Boden von der gewöhnlichen Stärke von 420 bis 450 mm trug man 40 bis 50 Lagen auf. Die fertigen Böden wurden dann in Trocken- oder Abflammöfen erhitzt und abgeflammt. Vielfach hatte man hierfür einfache Kanalöfen, welche eine gröfsere Anzahl Böden gleichzeitig

---

[1]) Siehe Wedding, Ergänzungsband 1884, S. 67.

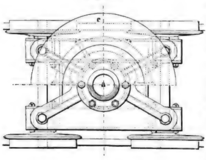
[2]) Siehe Wedding, a. a. O., S. 72.

[3]) Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleifses 1879, S. 316; Wedding, Ergänzungsband I, S. 73.

Google

fassen konnten und deren Sohle aus beweglichen, auf Rädergestellen aufgelagerten Platten, welche die Böden trugen, hergestellt war. Zahl und Durchmesser der Windröhren waren, wie beim Bessemerverfahren, auf verschiedenen Hütten verschieden. So hatten die Böden zu Witkowitz 35 Windöffnungen von 12 bis 17 mm, die zu Rote Erde bei Aachen 64 von 15 mm, die zu Kladno 84 zu 10 mm Durchmesser.

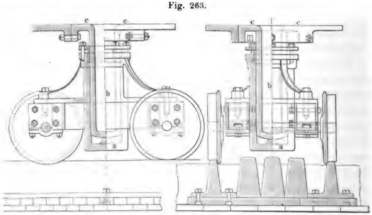
Fig. 262.



Bei der Herstellung der Böden mit gebrannten Thonformen werden diese entweder ähnlich wie die Nadeln mit teerhaltiger Masse umstampft oder es werden erst Metallkerne eingesetzt, die dann ausgezogen und durch die Formen ersetzt werden.

Die fertigen Böden, die nach Holleys Prinzip mit konischer Verbindungsfläche gestaltet sind, werden dann an das Birnfutter angesetzt, indem die Fuge erst durch eine Rolle von geteerter Dolomitmasse, die durch den Boden angedrückt wird, dann durch Verschmieren

Fig. 263.



und Ausstopfen des verbleibenden freien Raumes bewirkt wird. Das Andrücken geschieht fast überall mit Hydraulik und zwar meistens durch einen Wagen (Fig. 262, 263), dessen Tragplatte mit dem Birnenboden durch einen hydraulischen Cylinder hochgedrückt wird. Sehr

Digitized by Google

zweckmäfsig ist es, wenn der unter dem Boden befestigte Windkasten so weit ist, dafs sich nach Entfernung der Deckplatte der Boden hindurchbewegen kann, wie dies bei den Birnen des Thomaswerkes zu Peine der Fall war[1]). — Anfangs verband man, wie bei dem sauren Verfahren, zwei Birnen zu einem System.

Obgleich das Auswechseln der Losböden rasch von statten ging, empfahl es sich doch wegen der Häufigkeit des Bodenwechselns, drei Birnen zu einem System zu vereinigen, für die man am besten acht bis zehn Böden in Bereitschaft hielt. Um aber die Einrichtungen der mit zwei Birnen arbeitenden Werke möglichst unverändert beibehalten zu können, schlug Holley vor, immer eine ganze Birne auszuwechseln und die ausgewechselte in einem besonderen Raume wieder herzustellen (D. R. P. Nr. 12830). Um die Birne rasch auswechseln zu können, ist sie in einem Zapfenring so aufgehängt, dafs sie beim Umkippen um 180° sich loslöst und auf den untergestellten Birnenwagen gleitet. Justice in London machte etwas abweichend hiervon einen Zapfenring, der sich bei der Drehung von 90° leicht lösen liefs. Die Zapfenringe der Thomasbirnen müssen sehr kräftig sein. H. Bessemer konstruierte 1882 einen für Bolkow, Vaughan & Co. von 12 engl. Fufs Durchmesser und 16 Tonnen Gewicht. Ein basischer Konverter von 10 Fufs Durchmesser wog in der Regel 60 bis 80 Tonnen. Versuche von Daelen, Melaun und anderen, den Unterteil der Birnen abnehmbar oder die Birne in eine Anzahl von Segmenten zerlegbar zu machen, haben sich nicht bewährt. Auch Versuche, die Birnenform namentlich in Bezug auf die Ausgufsöffnung zu ändern, wie sie zu Witkowitz und auf der Erimushütte eingeführt wurden, haben keine Nachahmung gefunden. Weite, mit saurem Material ausgemauerte Hälse sind zu empfehlen. Beachtenswert ist es, dafs die Mündung der Birne den Einblick in die Birne und den Überblick über den Boden gestattet. Im allgemeinen zieht man die cylindrische Form des Mittelteils des Konverters vor. Fig. 264, 265 (a. f. S.) zeigen eine Thomasbirne von Hörde von 1883, bei welcher aufserdem die von Schmachtenberg erfundene Wasserkühlung des Bodens, welche den Weg *c*, *c'*, *d*, *e*, *f*, *g*, *i*, *k* beschreibt, angebracht ist. Diese Wasserkühlung verhindert aber die rasche Auswechselung des Bodens.

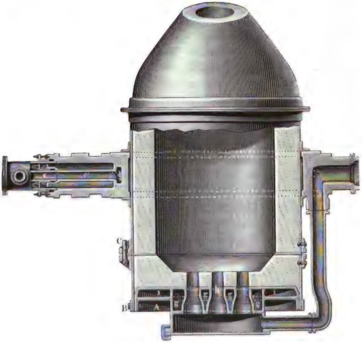
J. H. Harmet in Lyon schlug schon 1879 (D. R. P. Nr. 8549) vor, den Prozefs zu teilen und zwar derart, dafs die Entkieselung und

---

[1]) Vergl. Wedding a. a. O., S. 78 und die Abbildungen Taf. I.

Entkohlung wie seither in einem sauren Konverter vorgenommen, die flüssige Masse sodann in einen basischen Konverter umgefüllt und hier entphosphort wurde. Man hoffte hierbei, durch geringere Schlackenbildung ökonomische Vorteile zu erzielen. Dieses Verfahren wurde auf mehreren Werken versucht, auf einzelnen auch eingeführt,

Fig. 264.



besonders blieb es zu Witkowitz in Mähren lange Zeit und mit Vorteil in Anwendung. Es eignete sich für Roheisen, das neben Phosphor viel Silicium enthielt.

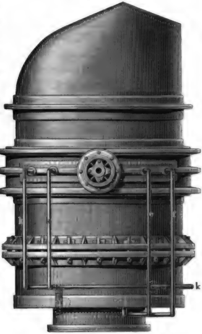
Betrachten wir nun den praktischen Betrieb des Thomasprozesses, so bildeten die Versuche, welche Sidney G. Thomas mit seinem Vetter Percy C. Gilchrist auf der Bleanavonhütte im Frühjahr 1878 angestellt hatte, hierfür den Ausgangspunkt. Es gelang ihnen, aus phosphorhaltigem Puddelroheisen in einem 4-Centner-Konverter ein gutes Produkt zu erhalten. Dabei blieb die Masse bis zuletzt gut flüssig. Das Blasen mufste etwa 40 Minuten fortgesetzt werden, um den Phosphor zu entfernen, indem nach der Entkohlung noch ein

Digitized by Google

Nachblasen notwendig war. In dem kleinen Konverter wurden über 50 Chargen verblasen. Als Zuschlag gab Thomas ein Gemisch von 1 Tl. Eisenoxyd (blue billy) und 2 Tln. Kalk. Die Haltbarkeit des Futters ergab sich als die wichtigste Forderung für die Ausführung des Verfahrens.

Im Winter 1878/79 folgten dann auf der Estonhütte die Versuche im grofsen, welche zur dauernden Einführung des Thomasprozesses daselbst führten. Das graue Roheisen, welches man hier verwendete, hatte nur 1 bis $1^1/_2$ Prozent Phosphor und Thomas war noch der irrigen Ansicht, dafs Roheisen mit geringerem Phosphorgehalt den Vorzug verdiene, weil die Abscheidung einer geringeren Menge Phosphor weniger Arbeit und weniger Abbrand erfordere. Bei $1^1/_2$ Prozent Phosphor im Roheisen betrug der Abbrand auf der Estonhütte 17 Prozent und dieser höhere Abbrand gegenüber dem Bessemerprozefs bildete anfangs den Haupteinwand gegen das Verfahren.

Fig. 265.



Natürlich war ja die Zukunft des Thomasprozesses in erster Linie von der Kostenfrage abhängig, und hierfür lagen die Verhältnisse in England weniger günstig als in Deutschland, indem der Preisunterschied zwischen phosphorreichem und phosphorarmem Roheisen dort nicht so bedeutend war wie in Deutschland, welches einen grofsen Reichtum an phosphorreichen Eisenerzen, besonders in Luxemburg und nördlich des Harzes (Ilsede), besafs. Dies war der Hauptgrund, warum in England die Fortschritte des Thomasprozesses nur gering waren, während sich derselbe in Deutschland rasch und in grofsartiger Weise ausbreitete. Hierzu kam die praktische und theoretische Ausbildung des Prozesses durch deutsche Eisenhüttenleute. Anfang des Jahres 1879 hatten, wie erwähnt, die

Digitized by Google

rheinischen Stahlwerke und der Hörder Verein die Patente von Thomas erworben und im Frühjahr 1879 begannen bereits auf beiden Werken die Versuche. Zuerst setzte man am 10. April 1879 versuchsweise einen Konverter mit Phosphoritfutter in Betrieb. Diese Art von Futter wurde aber bald verlassen, nachdem J. Massenez sich überzeugt hatte, dafs totgebrannter Dolomit die beste Grundmasse abgäbe.

Am 22. September 1879 begann zu Hörde der regelmäfsige basische Betrieb in zwei 4-Tonnen-Konvertern mit Chargen von 3200 bis 4200 kg[1]). Man machte höchstens 9 bis 10 Hitzen in 12 Stunden. Das Einsatzeisen bestand aus einem Gemisch von Luxemburger, Ilseder und eigenem Roheisen zu je einem Drittel. Das Roheisen war weifs bis höchstens lichtgrau. Das Ilseder, welches den höchsten Phosphorgehalt zeigte, erwies sich für den Prozefs als am geeignetsten. Hieraus schlofs Massenez, dafs, je phosphorreicher das Roheisen sei, desto besser. Dem Ilseder Roheisen kam aber auch ein hoher Mangangehalt zu statten, der zur Abscheidung des Schwefels beitrug und das Eisen vor Oxydation schützte. Im Durchschnitt enthielt es 3 Prozent Phosphor, $2\frac{1}{2}$ bis 3 Prozent Kohlenstoff, 2 Prozent Mangan, 0,5 Prozent Silicium und 0,1 Prozent Schwefel, während das entsprechende Luxemburger Roheisen etwa 2 Prozent Phosphor, 1 Prozent Mangan und 1 Prozent Silicium enthielt. Das Roheisen wurde im Kupolofen gattiert und eingeschmolzen, und dadurch eine gleichmäfsige Mischung erzielt.

Wo ein Hochofen in der Nähe war, der ein gleichmäfsiges, für den Prozefs geeignetes Roheisen lieferte, war es vorteilhafter, dieses direkt in den Konverter laufen zu lassen. Dies geschah zuerst 1879 zu Creuzot. Zuvor hatte man auf den vorgewärmten Boden der Birne reinen, d. h. kieselsäurefreien gebrannten Kalk mit wenig Kohle gebracht. Durch schwaches Blasen wurde der Zuschlag zu heller Rotglut erhitzt und dann das flüssige heifse Roheisen daraufgegossen und mit dem Blasen begonnen.

Der basische Prozefs verläuft abweichend von dem sauren, indem die Siliciumverbrennung rasch beendet ist, worauf die Verbrennung des Kohlenstoffs unter Aufkochen und starker Gasentwickelung beginnt. Erstere, die Feinperiode, dauert etwa zwei Minuten, während die Entkohlung oder die Frischperiode etwa 11 Minuten erfordert. Dann erst beginnt die Entphosphorung oder das Nachblasen, welches in etwa fünf

---

[1]) Näheres siehe in dem Aufsatz von Tunner in Zeitschr. des steir. und kärnt. Berg- und Hüttenvereins 1880, S. 232.

Digitized by Google

Minuten beendet ist, so daſs der ganze Prozeſs etwa 18 Minuten erfordert. Er verläuft rascher und energischer als der saure. Die erste Periode zeigt lebhafteres Funkensprühen durch ausgeworfene Kalkteilchen, die zweite heftigeres Kochen, bei der dritten erscheint ein brauner Rauch von verbrennendem Eisen, der gegen das Ende der Entphosphorung zunimmt. Das Bild des Spektrums ist nicht so deutlich wie bei dem sauren Prozeſs, aber doch bei einiger Übung gut zu erkennen; insbesondere das Verschwinden der Manganlinien im grünen Feld, welches zugleich den Moment der Entkohlung und den Beginn des Nachblasens angiebt.

Um die gebildete Kieselsäure und Phosphorsäure zu binden und um das Futter zu schonen, sind nach Thomas' Patent vom 10. April 1879 wiederholte basische Zuschläge erforderlich, um eine starke und basische Schlacke von über 40 Prozent Kalk und Magnesia bei nur 8 bis 20 Prozent Kieselsäure zu erhalten. Den Vorgang beschreibt der Erfinder, wie folgt: „Unmittelbar bevor das Metall in die Birne einflieſst, wird eine Quantität Kalk (vorzugsweise magnesiahaltiger Kalk) oder eine Mischung von ungefähr 8 Tln. Kalk auf 1 Tl. Eisenoxyd in die Birne geworfen. Diese Mischung kann durch Kalcinieren von Kalkstein und Erz zusammen, wie im folgenden erklärt werden wird, hergestellt werden. Dieser erste basische Zuschlag ist zweckmäſsigerweise nahezu im Gewichte gleich dem doppelten Betrage von dem in der Charge enthaltenen Silicium und Phosphor. Man bläst dann 6 bis 10 Minuten oder eine erfahrungsmäſsig notwendige Zeit, um so viel Hitze zu geben, als für den Rest des Zuschlags genügt. — Die Birne wird nach dem ersten Blasen rasch gekippt und dann eine etwas kleinere Menge Basen (ungefähr zwei Drittel des ersten Betrages) hineingeworfen. Dieser Zuschlag besteht zweckmäſsigerweise aus einer Mischung von 2 bis 3 Tln. Kalk auf 1 Tl. eines kieselsäurefreien Eisenoxydes, wie z. B. Roteisenstein. — Es ist am zweckmäſsigsten, diesen Zuschlag ebenfalls sehr heiſs oder selbst geschmolzen in die Birne einzubringen. — Nach diesem zweiten Zusatz wird die Birne rasch aufgerichtet und mit dem Blasen fortgefahren.“

Diese ursprünglichen Vorschriften von Thomas erlitten bald durch die Erfahrungen einige Abänderungen. Zunächst erwies sich der angegebene Zusatz von Eisenoxyd als unvorteilhaft, weil derselbe von dem Kohlenstoff im Eisen aus der Schlacke reduziert und durch Kalk aus dem Futter ersetzt wird, dieses also angreift. Dolomitischer Kalk erwies sich als ein weniger geeigneter Zuschlag als reiner Kalk, welcher poröser bleibt und nicht so leicht zusammenbackt, während

Digitized by Google

gerade dieser Umstand den dolomitischen Kalk für das Futter geeigneter machte. Andere Zuschläge oder Ersatzmittel für den Kalk, welche man versuchte, haben sich nicht bewährt. Selbst der Flufsspat, den man (z. B. in Creusot) zusetzte, um die steife Kalkschlacke flüssiger zu machen, hat sich nicht als vorteilhaft gezeigt.

Zum Brennen des Kalkes verwendete man meistens gewöhnliche Schachtöfen, in denen der Kalkstein mit Steinkohlen oder Koks lagenweise geschichtet wurde. Besser erwiesen sich aber Schachtöfen mit besonderer Rostfeuerung, wie z. B. zu Peine [1]), oder mit Gasfeuerung. Zur Erhitzung des gebrannten Kalkes vor dem Aufgeben empfahl Thomas die Benutzung der Birnenflamme. Zu Teplitz erhitzte man in demselben Ofen, in dem man das Spiegeleisen vorwärmte, auch den Kalk. Die Einführung des Kalkes in die Birne geschah meistens durch Schüttröhren, welche den Kalk vom Brennofen in den Hals der wenig geneigten Birne führten [2]). Versuche, Kalk oder andere basische Zuschläge in Pulverform mit dem Winde einzublasen, welche 1881 auf der Erimushütte gemacht wurden, haben sich nicht bewährt.

Über das Nachblasen, welches den dritten Patentanspruch von Thomas ausmacht, äufsert er sich in dem oben angeführten Patent, wie folgt: „Nach dem zweiten Kalkzusatz wird die Birne rasch aufgerichtet und mit dem Blasen fortgefahren. Das Blasen wird aber nicht, wie jetzt beim Bessemern, unterbrochen, sobald die Flamme sinkt und die sogenannten Kohlenstofflinien des Spektrums, wie sie durch das Spektroskop gesehen werden, verschwinden, sondern man fährt damit, zuweilen selbst noch sechs Minuten lang, fort. Dies Nachblasen dauert um so länger, je phosphorhaltiger das Metall ist, und zwar so lange, bis aus dem Halse der Birne ein fortdauernder, reichlicher brauner Rauch, zugleich mit einem gut begrenzten Saume von weifsem Rauch um die Flamme herum erscheint. Die Dauer des Nachblasens soll im allgemeinen ein Viertel bis ein Siebentel der Dauer des bisher üblichen Blasens betragen. Diese Zeit hängt jedoch von der Menge des ursprünglich gegenwärtigen Phosphors ab."

Man hat vielfach versucht, die Oxydation des Phosphors statt durch den Wind durch Zusatz von Oxyden zu bewirken, das Nachblasen also durch eine besondere Schlackenbildung zu ersetzen, und hat hierfür Eisen und Manganoxyd, Kryolith, Flufsspat, Alkalien mit oder ohne alkalische Erden, Haloidsalze u. s. w. vorgeschlagen. Diese Versuche, die besonders in Hörde in gründlicher Weise vorgenommen

---

[1]) Siehe Wedding, a. a. O., S. 101, Fig. 38.

[2]) Über andere Einrichtungen siehe Wedding, a. a. O., S. 103.

wurden, haben aber zu keinem Erfolg geführt. Helmholtz in Bochum gelang zwar die Entphosphorung auf diesem Wege, doch gingen die Chargen dann so kalt, dafs sie oft nicht zu giefsen waren.

Thomas fährt in seiner Patentbeschreibung also fort: „Um sich zu vergewissern, ob beim Eintreten des erwähnten braunen Rauches der Phosphor nahezu entfernt ist, kann, namentlich wenn die Arbeiter noch nicht geübt sind, eine Probe Metall aus der Birne genommen und gehämmert werden. Wenn die Metallprobe hart ist, wird das Blasen fortgesetzt, so lange, bis später genommene Proben den richtigen Zeitpunkt angeben. Die Birne wird dann niedergelassen und das Spiegeleisen zugefügt.

Nach dem bisher üblichen Verfahren der Leitung des Bessemerprozesses findet, wenn die Birne nicht niedergelassen und das Blasen, sobald die Flamme sinkt und die Kohlenstofflinien verschwinden, nicht eingestellt wird, ein beträchtlicher Metallverlust statt, ohne dafs der Phosphor entfernt wird. Es mufste deshalb bisher die Birne sofort beim Sinken der Flamme niedergelegt werden. Ich (Thomas) fand dagegen, dafs zur vollkommenen Entphosphorung eines phosphorhaltigen Roheisens das beschriebene Nachblasen von gröfstem Vorteile ist, wenn das Roheisen verblasen wird unter Anwendung einer basisch ausgekleideten Birne und stark basischer Zuschläge, welche geeignet sind, eine stark erdbasische Schlacke in der beschriebenen Art und Weise zu erzeugen. Bei diesem Verfahren findet kein beachtenswerter Eisenverlust statt, da das Eisen unter den beschriebenen Umständen durch den Phosphor geschützt wird.

Diese Erfindung ist besonders bei Verarbeitung von sehr phosphorhaltigem Roheisen anzuwenden, namentlich von solchem, welches über 0,7 Prozent Phosphor enthält."

Ist das Nachblasen beendet, so findet, wie beim Bessemerprozefs, die Reduktion des überblasenen Eisens und die Rückkohlung durch Zusatz von Spiegeleisen statt. Ehe aber dieser Zusatz erfolgt, giefst man die phosphorsäurereiche Schlacke ab, weil sonst durch den Kohlenstoffgehalt des Spiegeleisens ein Teil der Phosphorsäure der Schlacke wieder reduziert werden würde.

Wenn man das Spiegeleisen in flüssigem Zustande zusetzte, wie es beim Bessemerprozefs damals allgemein üblich war, und wie es in Hörde anfangs ausgeführt wurde, so war die Reaktion eine aufserordentlich heftige, so dafs öfters Teile der Charge herausgeschleudert wurden. Zweckmäfsiger war es deshalb, das Spiegeleisen in festem, aber glühendem Zustande einzuwerfen, worauf Thomas in seiner Patent-

Digitized by Google

beschreibung bereits hinwies. Auch empfahl es sich, mehr das Mangan als den Kohlenstoff als Reduktionsmittel zu verwenden und deshalb nur sehr manganreiches Spiegeleisen von mindestens 12 Prozent oder Ferromangan, das bis zu 70 Prozent Mangan enthielt, anzuwenden. Die Anwendung des Ferromangans war besonders dann vorzuziehen, wenn man, wie das bald vorherrschend wurde, auf ein möglichst weiches Produkt hinarbeitete, weil die Rückkohlung durch Ferromangan eine viel schwächere war. Auch konnte man die verhältnismäfsig geringe Menge Ferromangan ohne Schaden in kaltem Zustande einwerfen. Häufig wendete man Spiegeleisen und Ferromangan an und kombinierte die beiden Körper je nach der Härte bezw. Weichheit des zu erzielenden Produktes. Wenn man das Spiegeleisen in festem Zustande anwendete, so geschah der Zusatz gewöhnlich nicht in der Birne, sondern in der Giefspfanne, indem man es auf deren Boden legte und das Birnenmetall darüber gofs. Ferromangan trug man dagegen meist, wie das flüssige Spiegeleisen stets, in die Birne ein.

Ein noch geringeres Aufschäumen der Metallmasse erzielt man durch den Zusatz von Ferro- oder Manganosilicium an Stelle des Ferromangans, und dieses fand in Frankreich (zu Terre-Noire) Anwendung. Statt Ferrosilicium läfst sich auch siliciumreiches Roheisen, welches in Hochöfen dargestellt wird, verwenden.

Abfalleisen wird vielfach während des Blasens in die Birne eingeworfen, um dasselbe auf billige Weise zu verwerten. Natürlich darf dadurch die Charge nicht zu sehr abgekühlt werden. In Teplitz konnte man bei einem Einsatz von 6,5 Tonnen 400 bis 800 kg einwerfen.

Was den Gebläsewind anbetrifft, so empfahl Thomas in seinem Patent grofse Düsen von ungefähr 25 mm Durchmesser. In den meisten deutschen Werken machte man aber die Düsen nur halb so weit und vermehrte dafür ihre Anzahl. Dagegen erhöhte man allgemein die Pressung des Windes, um den basischen Prozefs ebenso rasch wie den sauren durchzuführen. Bei letzterem hatte die Pressung meist 1½ Atmosphären Überdruck, bei dem Thomasieren steigerte man denselben auf 2 Atmosphären. Dementsprechend richtete man die Gebläsemaschinen für stärkeren Druck ein[1]. Die Windmenge bestimmte man aus der Hubzahl der Gebläsemaschinen und richtete sich besonders beim Nachblasen danach. Man rechnete auf 100 kg Einsatzeisen 17 cbm Wind. Über die Bessemergebläse haben besonders

[1] Vergl. A. Riedler, Das Bessemergebläse in Heft, in der Zeitschr. des Vereins deutscher Ingenieure 1884, Nr. 1 u. 2.

Digitized by Google

von Hauer, Daelen, Schlinck und Riedler (bis 1884) Berechnungen und Konstruktionen veröffentlicht[1]).

Die rasche Einführung und die Fortschritte des Thomasprozesses wurden wesentlich durch vortreffliche theoretische Untersuchungen, welche Klarheit über den Verlauf und die Bedingungen desselben verschafften, bewirkt. Thomas selbst hatte den Vorgang bei dem basischen Verfahren vollständig richtig erkannt und in allgemeinen Zügen in seiner Patentbeschreibung geschildert. Hervorragende Metallurgen und Chemiker haben diese Darstellung bestätigt und im einzelnen verfolgt und näher erläutert.

Chemische Untersuchungen über den Verlauf des Thomasprozesses stellten zuerst Thomas 1878 zu Bleanavon und 1879 Windsor Richards auf den Estonwerken bei Middlesborough an. Richards nahm alle drei Minuten, gegen Schlufs in kürzeren Zwischenräumen, Proben der in 16,5 Minuten verlaufenden Charge und erhielt durch die chemische Analyse derselben nachfolgendes Resultat:

Bestandteile	Roheisen:		1	2	3	4	5	6	7
Nach Minuten:		0	3	6	9	12	14,5	16,5	16,6
Eisen	Kohlenstoff	3,50	3,60	3,40	2,40	0,90	0,075	—	—
	Silicium	1,70	0,80	0,28	0,05	0,01	—	—	—
	Mangan	0,70	0,62	0,55	0,37	0,28	1,13	0,10	—
	Phosphor	1,50	1,60	1,63	1,43	1,42	1,20	0,08	—
	Schwefel	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	—
Schlacke	Phosphorsäure	—	0,60	0,15	1,60	2,61	5,66	15,06	16,03
	Eisen	—	5,65	2,00	4,60	4,80	6,15	10,45	11,35

Danach findet im Anfang des Prozesses keine Abscheidung, sondern sogar eine Erhöhung des Phosphorgehaltes durch Reduktion der Phosphorsäure des Zuschlagkalkes und der Schlacke statt. Die Verbrennung des Phosphors tritt erst nach der Verbrennung des Kohlenstoffs ein. Zu demselben Ergebnis kamen J. von Ehrenwerth[2]) im Mai 1879 und Friedr. Müller[3]), der eine am 31. Dezember 1879 zu Hörde erblasene Charge in ähnlicher Weise analysierte. Pourcel stellte dagegen die irrige Behauptung auf, Phosphor und Silicium würden gleichzeitig abgeschieden. Diese Resultate sowie weitere in Hörde gemachte Beobachtungen teilte Massenez in einem Vortrage,

[1]) Siehe Wedding, a. a. O., S. 108.
[2]) Siehe Österreich. Zeitschr. für Berg- u. Hüttenwesen 1879, Nr. 7, 18 u. 25.
[3]) Siehe Glasers Annalen vom Oktober 1880.

den er in Düsseldorf gelegentlich der Industrieausstellung auf der Versammlung des Iron and Steel Institute im Frühjahr 1880 hielt, mit. Das zu Hörde im Kupolofen heifs eingeschmolzene Luxemburger und Lothringer Roheisen enthielt 0,5 Prozent Silicium und 1,2 bis 1,6 Prozent Phosphor. Es wurden 20 Prozent Kalk zugesetzt. Schon nach zwei Minuten erschienen die ersten grünen Linien, die etwa nach 11 Minuten verschwanden. Es wurde noch zwei Minuten weiter geblasen, wobei dichter brauner Rauch entwich. Die Temperatur des Metallbades, die anfangs 1400° C. betragen hatte, stieg gegen Ende auf 1800° C. Das eingesetzte Roheisen wog 3400 kg, hierzu wurden gegen Schlufs 40 kg Spiegeleisen und 30 kg Ferromangan nachgesetzt. Das Ausbringen betrug 2880 kg = 87 Prozent, der Kalkzusatz 700 kg. Die Analyse ergab:

Bestandteile Roheisen:		1	2	3	4
Nach Minuten:	0	4¼	9¼	11¼	13
Kohlenstoff	2,94	2,48	0,811	0,049	—
Silicium	0,538	0,009	—	—	—
Phosphor	1,22	1,25	1,32	0,786	0,021
Mangan	0,611	0,247	—	—	0,123
Kupfer	—	0,111	—	—	0,119
Schwefel	0,152	0,201	0,277	0,262	0,206

Die Schlacke enthielt 13,7 Prozent Kieselsäure, 9,75 Prozent Phosphorsäure und 11,6 Prozent Eisen. Die Ausscheidung der Phosphorsäure geschieht nach von Ehrenwerth und Pourcel in der Verbindung mit Eisenoxydul als $2 FeO P_2 O_5$ [1]).

1880 veröffentlichte Kuppelwieser [2]) ähnliche chemische Untersuchungen einer Charge der Thomashütte zu Witkowitz. Diesen folgten 1883 die sehr umfassenden gründlichen Analysen von Finkener [3]) in Berlin von Chargen der Hörder und der rheinischen Stahlwerke und in demselben Jahre die von Stead [4]) in England.

In Fig. 266 zeigen die Schaulinien das Verhalten von Silicium, Kohlenstoff, Mangan und Phosphor nach den Analysen von Finkener [5]).

---

[1]) Siehe Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1879, Nr. 50.

[2]) Daselbst 1880, S. 381.

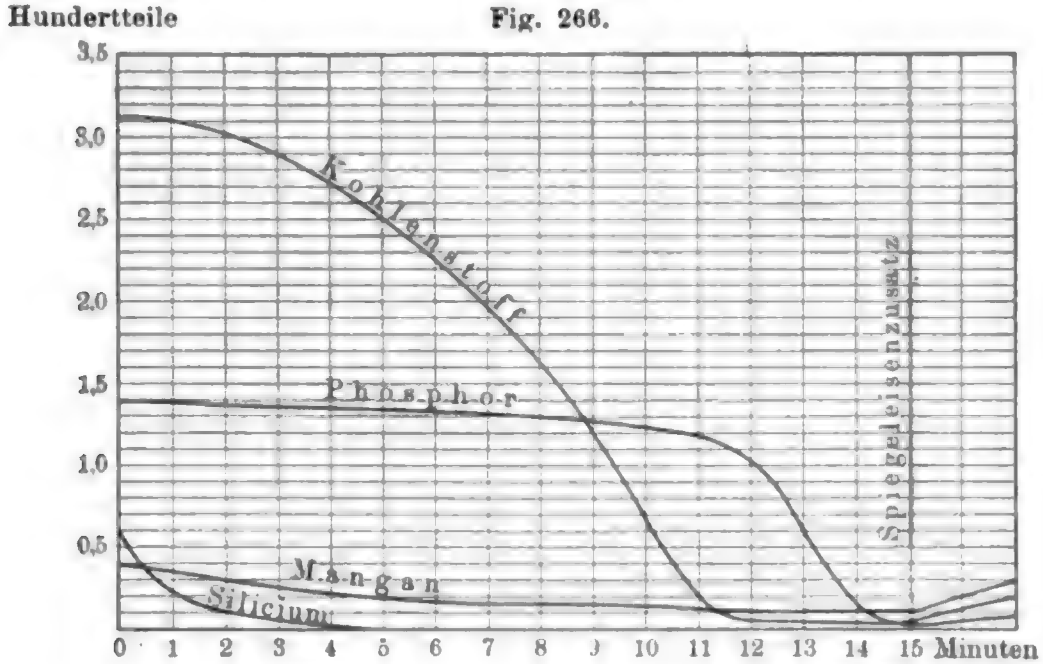
[3]) Mitteilungen der königl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1883, S. 28; Wedding, a. a. O., S. 139.

[4]) Siehe Engineering and Mining Journal 1883, S. 194; Wedding, a. a. O., S. 145; Chemical News 1883, 47, S. 159; Stahl und Eisen 1883, I, S. 263.

[5]) Aus Ledeburs Handbuch der Eisenhüttenkunde, S. 930.

Auch aus diesen erkennt man deutlich, wie die Oxydation der Bestandteile des Eisens nach dem Grade ihrer Verwandtschaft zum Sauerstoff bei der gegebenen hohen Temperatur aufeinanderfolgen. Silicium, welches am leichtesten oxydiert, verbrennt zuerst, mit ihm bereits ein Teil des Mangans, das sich mit der gebildeten Kieselsäure verschlackt und dadurch das Eisen vor Verbrennung schützt. Erst nach der Ab-

Fig. 266.



scheidung des Kohlenstoffs beginnt die Oxydation des Phosphors. Der Spiegeleisenzusatz führt dann am Schlufs wieder eine geringe Menge Kohlenstoff, Mangan und Silicium zu.

Charakteristisch für die Schlackenbildung bei dem Thomasprozefs ist, dafs die Schlacke nur wenig chemisch gebundenes Eisen enthält. Das im Anfang etwa gebildete Eisensilikat wird durch den Kalkzuschlag in Kalksilikat umgewandelt und das Eisen durch den Kohlenstoff des Roheisens reduziert. Ebenso wird das bei der Entphosphorung gebildete Eisenphosphat durch Überschufs von Kalk in Kalkphosphat zerlegt und das Eisenoxydul entweder reduziert oder oxydiert, in welchem Falle es als Oxyduloxyd in der Schlacke gelöst bleibt. Die Schlacke mufs sehr basisch sein. Kuppelwieser fand das Verhältnis des Sauerstoffs von Säure und Base der Thomasschlacke von Hörde wie 1:2,2, während in dem Futter das Verhältnis wie 1:3 war. Man rechnete, dafs auf 3 Prozent Phosphor 11 Prozent Kalk erforderlich seien. Die Aufnahme der Phosphorsäure durch die Schlacke erfolgt nach Kuppelwieser erst, wenn der Zustand des Subsilikates erreicht, beziehungsweise überschritten ist.

Der hohe Gehalt der Thomasschlacke an Phosphorsäure,

1883 auf deutschen Werken $15^1/_2$ bis 20 Prozent, liefs dieselbe schon früh als ein wertvolles Produkt erscheinen, sowohl als phosphorhaltiger Zuschlag bei dem Hochofenbetriebe auf Thomasroheisen als für die Landwirtschaft. Anfangs wurde sie fast ausschliefslich in der erstgenannten Weise verwendet, ihr hoher Wert für die Landwirtschaft wurde erst nach und nach erkannt. Wir werden später hierauf zurückkommen.

Nicht minder wichtig als die chemischen waren die thermophysikalischen Untersuchungen für das Verständnis des Thomasprozesses. Wie schon erwähnt, hat J. von Ehrenwerth bereits im Jahre 1879 hierüber Licht verbreitet und eine Reihe vortrefflicher Aufsätze über diesen Gegenstand veröffentlicht[1]), deren Hauptergebnis war, dafs bei dem basischen Prozefs der Phosphor durch seine Verbrennung den Hauptteil der Wärme liefere und dafs derselbe ausreiche, die Masse dünnflüssig zu erhalten. Allerdings ist die Wärme nicht so hoch wie die durch die Verbrennung des Siliciums erzeugte, denn während 1 kg Silicium zu 2,14 kg Kieselsäure unter Entwickelung von 7830 kg Wärmeeinheiten entwickelt, liefert 1 kg Phosphor bei seiner Verbrennung zu 2,29 kg Phosphorsäure nur 5760 Wärmeeinheiten. Dazu kommt, dafs die gröfsere Schlackenmenge beim Thomasprozefs auch eine gröfsere Menge Wärme bindet. Der basische Prozefs wird deshalb in der Regel nicht so heifs verlaufen, um so weniger, je ärmer das Roheisen an Silicium und Phosphor ist. Aus diesem Grunde ist besonders ein hoher Phosphorgehalt erwünscht. Während Thomas noch 1879 der Meinung war, dafs der Prozefs bei einem weniger hohen Phosphorgehalt besser verlaufe, sprach sich Massenez 1880 auf Grund seiner Erfahrungen mit Luxemburger und Ilseder Eisen dahin aus, dafs der Prozefs um so besser und wärmer verliefe, je höher der Phosphorgehalt sei, und dafs ein Gehalt von 0,75 bis 1,50 die untere Grenze bilde.

Diese Ansicht bestätigte sich und blieb lange Zeit herrschend, so dafs man das Roheisen hauptsächlich nach seinem Phosphorgehalt schätzte und sich bemühte, beim Hochofenbetriebe Roheisen mit möglichst hohem Phosphorgehalt zu erzeugen. Ilsede lieferte ein Eisen mit nahezu 3 Prozent Phosphor; es enthielt 1883 nach H. Spamer 2,66 Kohlenstoff, 2,94 Phosphor, 2,45 Mangan, 0,01 Silicium und 0,04 Schwefel. Um genügend heifsen Stahl zu erhalten, sollte die

---

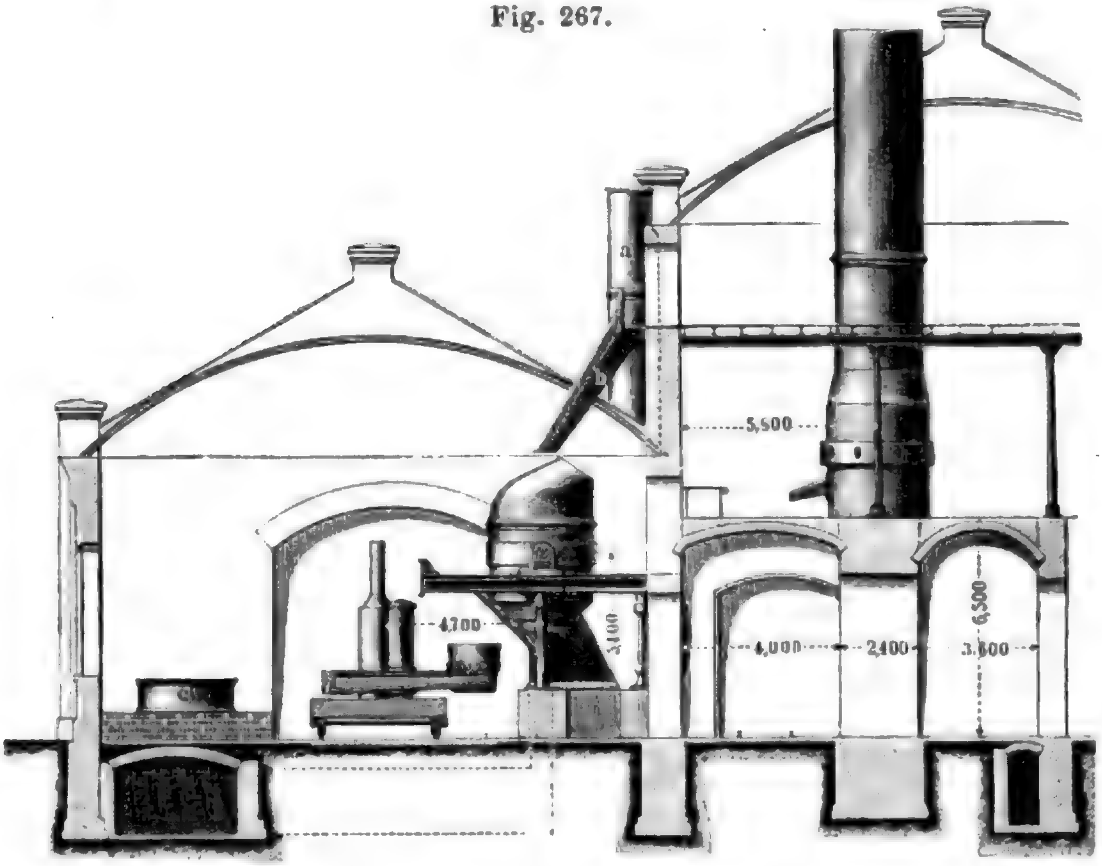
[1]) J. von Ehrenwerth in Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1879, Abhandlungen über den Thomas-Gilchristprozefs 1879 und Studien über den Thomas-Gilchristprozefs 1881.

Digitized by Google

Summe von Silicium und Phosphor mindestens 2,5 Prozent betragen. Wo man mit siliciumarmem Roheisen arbeitete, mufste man das Eisen möglichst heifs geschmolzen in die Birne bringen, weil die Verbrennung des Kohlenstoffs, wie schon früher erwähnt, dem Metallbade keine genügende Wärme zuführt. Je nach der Zusammensetzung des Roheisens, besonders in Bezug auf die Wärmestoffe Silicium und Phosphor, nahm auch der Thomasprozefs einen verschiedenen Verlauf.

Die Eigentümlichkeiten des Thomasprozesses bedingten auch manche Änderungen in der allgemeinen Anordnung. Die rasche Zerstörung der Birnenböden und die häufige Auswechselung derselben

Fig. 267.

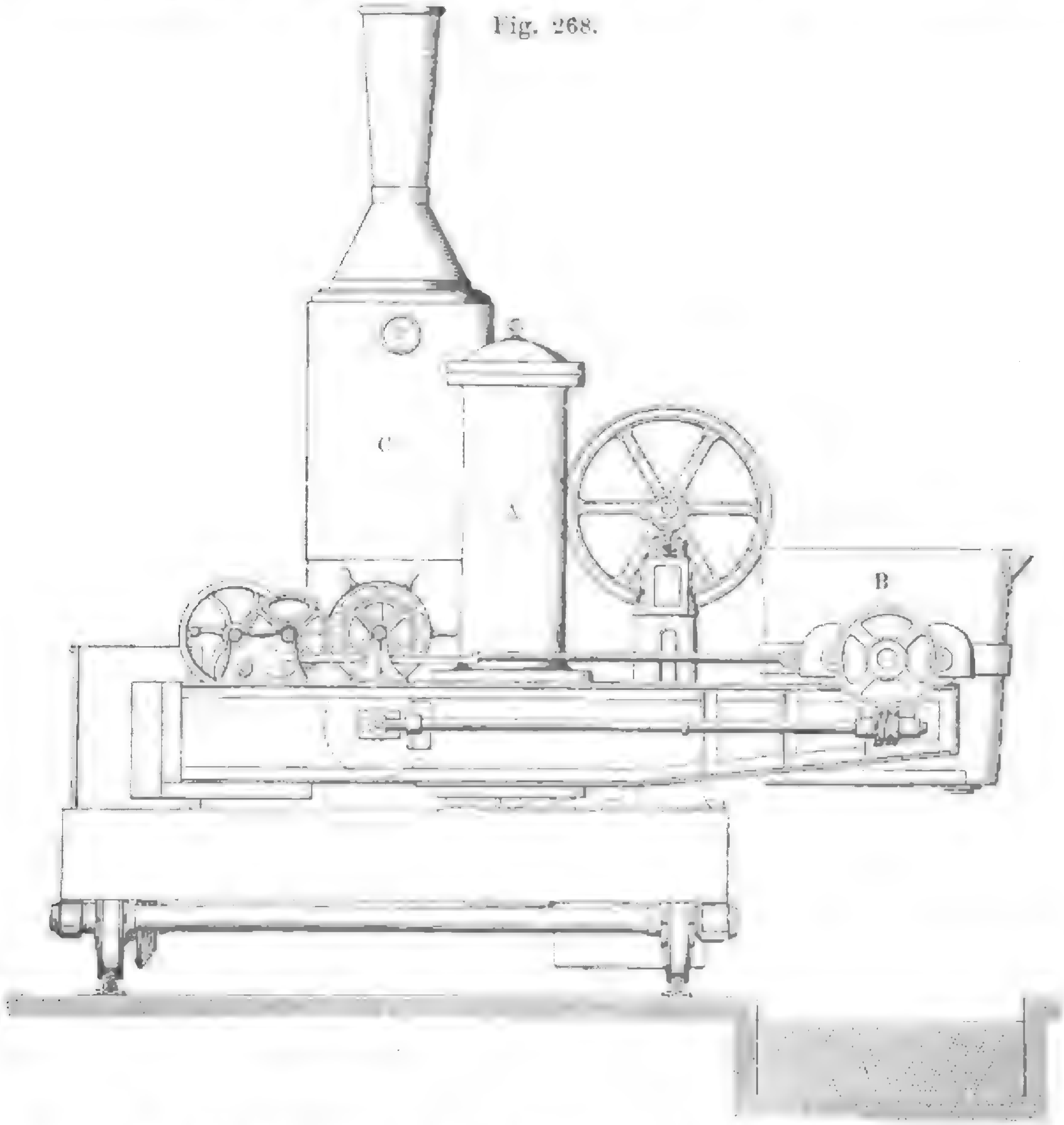


machte es notwendig, drei Birnen statt der bisherigen zwei zu gemeinschaftlichem Betriebe zu verbinden. Zur Vorbereitung der Böden wurden eine besondere Bodenreparaturwerkstätte und geräumige Trocken- oder Brennöfen für die Böden nötig. Die verbreiteten Giefsgruben erwiesen sich, besonders wegen der schwierigen Entfernung der Schlacken, als unbequem. Man legte den Boden der Giefsgrube auf die Höhe der Hüttensohle und suchte den Giefsraum ganz von dem Konverterraume zu trennen, wie dies bei der Anlage der Thomashütte zu Peine 1881 durchgeführt wurde. Obgleich das Thomasverfahren in Amerika wenig Anwendung fand, so war es doch der Amerikaner A. Holley, der 1880 die zweckmäfsigsten Vorschläge für

Digitized by Google

die Anordnung der Thomashütten machte[1]). Er sah dabei vor, dafs die ganzen Birnen ausgewechselt wurden, und stellte die Roheisenschmelzöfen in ein besonderes Gebäude, von wo das geschmolzene Roheisen in fahrbaren Pfannen zum Schmelzraum gebracht wurde. Zweckmäfsiger war die Anordnung in Peine, wo man die Kupolöfen

Fig. 268.



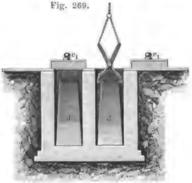
ebenso wie die Kalköfen so hoch stellte, dafs ihr Inhalt durch Rinnen direkt in die in einer Reihe liegenden Birnen geleitet werden konnte. Fig. 267 (a. v. S.) zeigt eine schematische Darstellung dieser Anordnung. Hierbei wird die Giefspfanne durch eine Lokomobile (Fig. 268) nach dem Giefsraum und zurück gefahren. Das Giefsen der Blöcke geschieht wie bei dem Bessemern in eisernen Koquillen.

[1]) Vortrag in der Americ. Soc. of Mechanical Engineers vom 4. November 1880; Iron Nr. 415; Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1881, S. 93; Wedding, a. a. O., S. 165.

gitized by Google

häufig durch aufsteigenden Strom mittelst eines Verteilungstrichters in mehrere Formen zugleich. Um Blöcke von bestimmtem Gewicht zu giefsen, wurde zu Kladno eine von Moro erfundene Wiegevorrichtung (D. R. P. Nr. 10828) eingeführt. Die Koquillen und die Blöcke wurden durch hydraulische Blockkräne gehoben und fortbewegt. Die heifsen Blöcke gelangten in Rollöfen oder in Gjerssche Durchweichungs- oder Ausgleichgruben (soaking pits), Fig. 269, welche man auch fahrbar machen kann, wie es in Fig. 270, 271 dargestellt ist.

Fig. 269.



Der Thomasstahl wurde anfangs zu den gleichen Zwecken wie der Bessemerstahl verwendet, besonders also zu Schienen. Erst all-

Fig. 270.

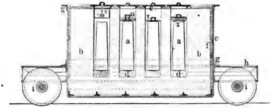
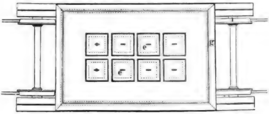


Fig. 271.



mählich lernte man die grofsen Vorzüge des Thomasmetalls als weiches, dehnbares Metall schätzen, welches besonders geeignet war, das Schweifseisen zu ersetzen. Aufser zu Schienen wurde es anfangs zu Blech und für Drahtknüppel verarbeitet.

Die Ausbreitung des Thomasprozesses in den ersten fünf Jahren

Digitized by Google

bietet grofses geschichtliches Interesse dar. In England, wo die Erfindung (1878) ins Leben getreten war, blieb sie lange auf die Estonhütte bei Middlesborough, der Firma Bolckow, Vaughan & Co. gehörig, und das Stahlwerk von Brown, Bayley & Dixon zu Sheffield beschränkt. Zu bemerken ist nur, dafs das erstgenannte Werk 1880 eine neue Anlage mit 15-Tonnen-Konvertern erbaute.

Aufserhalb Englands kam das Thomasverfahren[1]) in Deutschland zur Ausführung und zwar 1879 bei dem Hörder Bergwerks- und Hütten-Verein und von Rheinischen Stahlwerken bei Ruhrort. In demselben Jahre erwarben noch de Wendel & Co. zu Hayingen und Gebrüder Stumm zu Neunkirchen das Patent und errichteten Anlagen. In demselben Jahre 1879 gingen in Österreich-Ungarn die Prager Eisenindustrie-Gesellschaft zu Kladno, die Eisenhüttengewerkschaft zu Witkowitz, in Frankreich Schneider & Co. zu Le Creuzot (seit November 1879), die Stahlgesellschaft zu Longwy und de Wendel & Co. zu Joeuf, in Belgien die Stahlwerke von Angleur bei Ougrée, zunächst meist versuchsweise, zum basischen Konverterbetrieb über. Im Jahre 1880 folgten in Deutschland die Eisenwerke Rothe Erde bei Aachen, der Bochumer Verein zu Bochum, die Maximilianshütte bei Rosenberg in Bayern, die Burbacher Hütte und von Gienanth in Kaiserslautern; in Österreich-Ungarn die Kaiser-Franz-Josephs-Hütte bei Tryinetz (Ternitz) und das Teplitzer Walzwerk, welches Roheisen von der Ilseder Hütte verblies; in England arbeiteten John Brown & Co. und Bailey & Dixon mit je einem basischen Konverter. In Frankreich erwarben die Werke von Denain, von St. Chaumond und Montatair, die der Nord-Ostgesellschaft, von Chatillon und Commentry das Patentrecht.

1881 wurden folgende Thomaswerke gegründet: in Deutschland das der Gutehoffnungshütte bei Oberhausen, das Peiner Walzwerk, das im September 1882 die ersten Chargen blies, das der Dortmunder Union bei Dortmund, das der Gesellschaft Phönix bei Ruhrort. In England trat die North-Eastern Steel Company, bei welcher Thomas und Gilchrist sich beteiligten, ins Leben, kam aber erst am 31. Mai 1883 in Betrieb. Ein anderes Werk errichtete die Lilleshall-Gesellschaft bei Shifnal. In Frankreich baute die Nord-Ostbahngesellschaft ein Thomaswerk bei Valenciennes. In Belgien führte die Gesellschaft John Cockerill zu Seraing vorübergehend den basischen Betrieb ein.

1882 standen nach einem Vortrage von P. E. Gilchrist im Monat Oktober in England 9, auf dem Kontinent 25 Konverter, die

---

[1]) Vergl. P. v. Tunner, Bericht der österr. Kommission zum Studium der Entphosphorung, Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1880, S. 319.

Digitized by Google

meisten davon in Deutschland, in Thätigkeit. Nach einer anderen Angabe[1]) betrug die Zahl der Konverter und die Produktion im ersten Semester 1882 in

	Konverter	Erzeugung Tonnen
Deutschland	25	152 479
Grofsbritannien	9	57 900
Österreich	3	37 476
Belgien	1	12 786
Rufsland	1	12 786
Frankreich	2	5 960

In diesem Jahre waren in Grofsbritannien das Werk bei Glasgow, in Luxemburg Dudlingen und in Rufsland das Warschauer Stahlwerk (Ostrowietz), in den Vereinigten Staaten Pottstown (Harrisburgh) hinzugekommen.

1883 betrug die Produktion von Thomasflufseisen bereits 634 373 Tonnen. Ende des Jahres bestanden folgende Werke[2]):

1. In Deutschland.

a) Ruhrbezirk.

1. Hörder Hütte	3	Birnen	zu	10	Tonnen,	zusammen	30	Tonnen	Inhalt
2. Rheinische Stahlwerke	2	„	„	6,5	„	„	13	„	„
3. Bochum	3	„	„	4,5	„	„	13,5	„	„
4. Oberhausen	2	„	„	6	„	„	12	„	„
5. Union Dortmund . . .	2	„	„	9,5	„	„	19	„	„
6. Hoesch, Dortmund (im Bau)	3	„	„	10	„	„	30	„	„
7. Phönix, Laar	3	„	„	10	„	„	30	„	„

b) Aachener Bezirk.

8. Rothe Erde	3	Birnen	zu	10	Tonnen,	zusammen	30	Tonnen	Inhalt

c) Hannover.

9. Peine (Ilsede)	4	Birnen	zu	10	Tonnen,	zusammen	40	Tonnen	Inhalt

d) Saarbezirk.

10. Neunkirchen (Stumm) .	2	Birnen	zu	10	Tonnen,	zusammen	20	Tonnen	Inhalt

e) Lothringen und Luxemburg.

11. Hayingen (de Wendel)	4	Birnen	zu	8	Tonnen,	zusammen	32	Tonnen	Inhalt
12. Dudlingen	4	„	„	10	„	„	40	„	„

f) Oberschlesien.

13. Friedenshütte (im Bau)	3	Birnen	zu	10	Tonnen,	zusammen	30	Tonnen	Inhalt
14. Königshütte	2	„	„	10	„	„	20	„	„
„	1	Birne	„	7,5	„	=	7,5	„	„
Zusammen	41	Birnen	mit	. . .	. . .	. . .	367	Tonnen	Inhalt

[1]) Österr. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1883, S. 504.

[2]) Nach Wedding, Der Thomasprozefs, S. 193, nach Mitteilungen von Osann.

Transport: 41 Birnen mit . . . . 367 Tonnen Inhalt

2. In Österreich.

a) Böhmen.

1. Kladno	3 Birnen	zu 5	Tonnen,	zusammen 15	Tonnen Inhalt
2. Teplitz	2 „	„ 6,5	„	„ 13	„ „

b) Mähren.

3. Witkowitz	2 Birnen	zu 8	Tonnen,	zusammen 16	„ „
Zusammen	7 Birnen mit			44	Tonnen Inhalt

3. In Rufsland.

Warschauer Stahlwerk . .	2 Birnen	zu 10	Tonnen,	zusammen 20	Tonnen Inhalt

4. In Belgien.

1. Angleur	2 Birnen	zu 6	Tonnen,	zusammen 12	Tonnen Inhalt
2. Athus	2 „	„ 10	„	„ 20	„ „
Zusammen	4 Birnen mit			32	Tonnen Inhalt

5. In Frankreich.

1. Creusot (Schneider) . .	2 Birnen	zu 7	Tonnen,	zusammen 14	Tonnen Inhalt
2. Joeuf	4 „	„ 10	„	„ 40	„ „
3. Commentry	2 „	„ 10	„	„ 20	„ „
4. Mont St. Martin, Longwy	3 „	„ 10	„	„ 30	„ „
5. Valenciennes	2 „	„ 10	„	„ 20	„ „
Zusammen	13 Birnen mit			124	Tonnen Inhalt

6. In England und Schottland.

1. Eston, Middlesborough	6 Birnen	zu 15	Tonnen,	zusammen 90	Tonnen Inhalt
2. North - Eastern Steel-Co., Middlesborough	4 „	„ 10	„	„ 40	„ „
3. Sellerhall-Co., Middlesborough	1 Birne	„ 4	„	= 4	„ „
4. Staffordshire Steel-Wks.	3 Birnen	„ 5	„	zusammen 15	„ „
5. Merry and Cunningham, Glengarnock	2 „	„ 9	„	„ 18	„ „
6. Glasgow Iron - Co., Wishaw	3 „	„ 7	„	„ 21	„ „
Zusammen	19 Birnen mit			188	Tonnen Inhalt

7. In Nordamerika.

Harrisburgh	2 Birnen	zu 10	Tonnen,	zusammen 20	Tonnen Inhalt
Im ganzen	88 Birnen mit			795	Tonnen Inhalt

Die Herstellungskosten des Thomaseisens sind höher als die des Bessemereisens. Wedding hat dieselbe für Ende 1883 in Deutsch-

land zu 66,50 bis 67,97 für die Tonne Blöcke berechnet. Da aber Thomasroheisen wesentlich billiger ist als Bessemerroheisen, so stellt sich bei günstigen Verhältnissen der Preis des Endproduktes doch billiger als bei dem sauren Prozefs.

Weitere Entwickelung des Windfrischens von 1880 bis 1899.

Die Kleinbessemerei.

Das Bestreben, die Konverter immer gröfser zu machen, welches in England und Amerika besonders hervortrat, führte zu einer Reaktion, welche sich so gestaltete, dafs sich neben dem Grofsbetriebe ein Kleinbetrieb, die sogenannte Kleinbessemerei, entwickelte.

Der Schnellbetrieb in den grofsen Birnen erforderte höchst kostspielige Anlagen, sowohl für den Prozefs selbst, als für die Verarbeitung der Massenproduktion.

Der Betrieb kleiner Konverter bot dagegen mancherlei Vorteile, indem er 1. eher die Verwendung bestehender Walzwerksanlagen für den Puddelofenbetrieb ermöglichte; 2. sich besser mit dem Hochofen verbinden liefs, um das Roheisen zum Teil zu Flufseisen zu verblasen; 3. für die Herstellung von Stahlgufswaren geeigneter war; 4. für abgelegenere Werke, die schwierigen Transport und beschränkten Absatz hatten, zweckmäfsiger war und 5. auch eher die Erzeugung verschiedener Sorten für verschiedene Zwecke ermöglichte, vor allem aber, dafs 6. die Anlagen und Einrichtungen weniger kostspielig waren.

Aus diesen Gründen wendete man der Kleinbessemerei in den achtziger Jahren ein grofses Interesse zu, und wenn auch auf die Dauer die gehofften Erfolge ausblieben und die Überlegenheit des Grofsbetriebes sich erwies, so hat sie sich doch noch an einzelnen Orten erhalten und verdient als geschichtliche Episode unsere Beachtung um so mehr, als sie in neuester Zeit für die Herstellung von Stahlgufs eine wachsende Bedeutung erlangt hat.

In gewissem Sinne war der Anfang des Bessemerprozesses Kleinbessemerei, denn sowohl die feststehenden Öfen in Schweden, als Bessemers erste bewegliche Birne hatten ebenso geringen Fassungsraum wie die Öfen der Kleinbessemerei. In Schweden war man mit den feststehenden Öfen überhaupt eigentlich nicht über diesen Zustand hinausgekommen, von hier ging auch die erste Anregung für diesen Kleinbetrieb aus.

1877 erregte eine Mitteilung Aufsehen, dafs es einem schwedischen

Digitized by Google

Ingenieur gelungen sei, mit Sätzen von 170 kg guten Flufsstahl zu erzeugen. Weitere Folgen hatte diese Veröffentlichung zunächst nicht. Seit 1879 machte man aber zu Avesta in Schweden den Versuch, kleine Bessemerbirnen bei dem dortigen Hochofen zu betreiben. 1882 fing man an diesem Gegenstande in England Beachtung zu schenken und Versuche darüber anzustellen[1]). 1883 konstruierten Clapp und Griffith zu Nantiglo in Südwales einen feststehenden Konverter, der Aufsehen erregte und den Anstofs für die Kleinbessemerei gab. Er arbeitete mit niedrigem Winddruck von 0,35 bis 0,40 kg pro Quadratcentimeter. Die Düsen lagen 203 bis 228 mm über dem Boden; die Windventile waren mit automatischer Bewegung versehen; die Chargen wogen 1 bis 3 Tonnen. Diese Öfen erregten allgemeine Aufmerksamkeit namentlich in den Vereinigten Staaten. In Deutschland machte 1883 H. Haedike den Vorschlag, das Frischen direkt in der Giefspfanne mittelst eines von ihm erfundenen hohlen Frischkolbens mit Düsenröhren vorzunehmen. Denselben Vorschlag machte im folgenden Jahre A. Davy in England, der durch seinen Frischkolben jeden Giefsereibesitzer in den Stand setzen wollte, beliebige Mengen Flufsstahl in der Giefspfanne zu machen. Sein Apparat kostete 11900 Mark.

1883 konstruierte J. Reese in England einen fahrbaren Konverter, um ihn direkt zum Hochofen zu fahren.

1884 wurden bereits Clapp-Griffithöfen zu Pittsburg und Troy in Nordamerika eingeführt. Fig. 272 stellt einen amerikanischen Clapp-Griffith-Konverter dar. Die Düsen dieser Öfen waren nicht nach der Mitte gerichtet und mit Stöpsel verschlossen, das Schlackenloch lag in halber Höhe.

In diesem Jahre veröffentlichte J. von Ehrenwerth in Leoben einen Bericht über den Betrieb in sehr kleinen Bessemerbirnen zu Avesta in Schweden[2]). Diese hatten 1 m im Durchmesser und 1,3 bis 1,4 m Höhe. Die Chargen wogen meistens 352 bis 510 kg und das Verblasen einer solchen dauerte 15 Minuten, dabei hatte der Wind 1,04 kg Pressung pro Quadratcentimeter. In 24 Stunden wurden 23 bis 30 Chargen verarbeitet.

Nach je acht Hitzen fand ein Auswechseln der Birne zur Einsetzung eines neuen Bodens statt; dies verursachte nur einen geringen

---

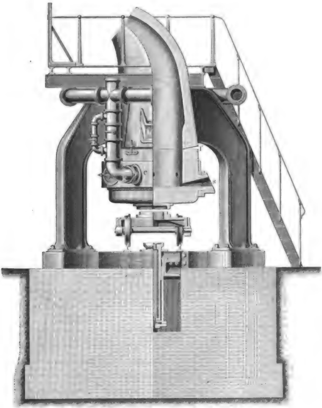
[1]) Hierüber berichtete zuerst Fr. W. Wallner in Köln in der Berg- u. hüttenm. Zeitung 1882, S. 259.

[2]) Österreich. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1884; Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1884, Taf. VI, Fig. 13.

Digitized by Google

Aufenthalt. Jeder der beiden Hochöfen in Avesta hatte seinen eigenen Konverter, dessen Kosten sich auf 10200 Mark beliefen. Am Schlusse einer Hitze wurden 0,8 Prozent Ferromangan mit 70 Prozent Mangan zugesetzt. Das flüssige Metall wurde direkt aus der Birne zu einem oder zwei Blöcken vergossen. Das Produkt war ein weicher, sehniger Stahl von 0,20 bis 0,25 Prozent Kohlenstoffgehalt. Man war mit dem

Fig. 272.



ökonomischen Ergebnis damals zufrieden. — J. Macco in Siegen empfahl ebenfalls stationäre Öfen ähnlich den alten schwedischen für den Kleinbetrieb.

1884 machte Chapuis den Vorschlag, das Roheisen in einem Konverter vorzufrischen und dann in einem rotierenden Puddelofen, ähnlich dem Danksofen, fertig zu frischen.

Google

In demselben Jahre wurde das Clapp-Griffithverfahren auch in Deutschland und zwar auf dem Remyschen Blechwalzwerk Rasselstein bei Bendorf eingeführt. An dem Konverter war ein Schlackenloch in solcher Höhe angebracht, dafs die Schlacke, sobald die Masse hochging, austreten konnte und so bereits grofsenteils entfernt war, wenn das Metall abgestochen wurde. Die drei Winddüsen waren seitlich, in geringem Abstande über dem Herdboden angebracht. Sie waren mit Pfropfen versehen, die von einer kleinen centralen Öffnung durchbohrt waren (Differentialkolben). Zu Ende des Blasens wurden die Düsen mit diesen Stopfen geschlossen und dadurch der Wind bis auf einen dünnen Strahl, der aber hinreichte, zu verhindern, dafs dies Metall in die Düsen trat, abgestellt. Die Pressung betrug höchstenfalls 8 Pfund, gewöhnlich nur 4 bis $4^1/_2$ Pfund. In acht Stunden wurden 12 bis 15 Chargen geblasen. Die Anlage von zwei Konvertern hatte eine tägliche Leistungsfähigkeit von 100 Tonnen Flufseisen. Man verarbeitete Siegener Roheisen mit 0,1 Prozent Phosphor- und ca. 6 Prozent Mangangehalt in Chargen von 1806 kg. Das Flufseisen wurde für Bleche verwendet.

Um diese Zeit (1883/84) führten Walrand und Delattre zu Stenay einen schwebenden, um eine horizontale Achse mit der Hand beweglichen Konverter, der den Wind von den Seiten aus in gröfserer Höhe über dem Boden erhielt, ein. Ähnliche Öfen hatten Durfee und Laureau konstruiert. Ihre Winddüsen waren geneigt und so angebracht, dafs sie beim Neigen der Birne frei wurden.

Seit 1884 erlangten die Clapp-Griffithöfen in den Vereinigten Staaten, wo J. P. Witherow das Patent erworben hatte, weshalb sie dort oft als Witherowöfen bezeichnet wurden, gröfsere Verbreitung.

Oliver Brothers & Philipps in Pittsburg, Pa., bliesen am 25. März 1884 einen solchen feststehenden Konverter für 2 Tonnen Einsatz an, in dem sie bis 1885 21647 Tonnen Flufseisen erzeugten. Das Roheisen wurde in einem Sturtevant-Kupolofen eingeschmolzen, in Pfannen abgestochen, gewogen und dann in feststehende Konverter gegossen. Diese hingen in eisernen Gerüsten und hatten abnehmbare Böden, die durch Elevatoren gesenkt werden konnten. 1885 gab es bereits acht Werke in der Union, auf denen Clapp-Griffithöfen eingeführt waren. Vielfach hatte man dieselben mit den Hochöfen verbunden, besonders da, wo genügende Wasserkraft vorhanden war. Hainsworth in Pittsburg stellte seinen kleinen Konverter auf Räder. Solche Hütten konnten dann statt Roheisens gleich Flufs-

Digitized by Google

eisen liefern. In Österreich hatte Hupfeld zu Prävali mit einem Clapp-Griffithkonverter Erfolg. Obgleich der Abbrand bei dem Kleinbetrieb um 4 bis 5 Prozent gröfser war, so bewährte er sich doch unter besonderen lokalen Verhältnissen als vorteilhaft und war namentlich geeignet, ein weiches Produkt zu erzeugen. Roheisen mit demselben Kohlenstoffgehalt gab beim Kleinbetriebe ein weicheres Flufseisen als beim Grofsbetriebe.

Es tauchten eine Anzahl neuer Konstruktionen nach dem Prinzip der Clapp-Griffithöfen auf, die sich hauptsächlich durch die Windführung und den Düsenverschlufs unterschieden, so die von Wittnhöft, von Hatton und von Witherow, bei denen am Ende des Blasens der Hauptwindhahn abgestellt, ein kleiner Nebenhahn geöffnet und der Gang des Gebläses verlangsamt wurde. Lambertz gab den Windkanälen eine schiefe Stellung, E. Thomson nahm flache Düsen. A. Trappen schlug vor, die Birne unmittelbar an den Ausleger des Kranes zu befestigen, so dafs sie auf der einen Seite vor den Abstich des Schmelzofens gebracht und gefüllt, auf der anderen Seite das Flufseisen ausgegossen werden konnte.

Walrand und Delattre führten bei ihren kleinen, beweglichen Birnen auch den basischen Betrieb ein und kombinierten denselben zu Stenay und besonders zu Hollerich in Luxemburg mit dem sauren Verfahren. Sie erbliesen aus phosphorreichem Luxemburger Roheisen in einem sauren Konverter ein Produkt, das 2,10 Prozent Phosphor enthielt, und das sie dann in einem basischen Konverter entphosphorten. Die Anlage erforderte zwei Kupolöfen und zwei Birnen. Es wurden 1500 kg Roheisen im Kupolofen eingeschmolzen, in den sauren Konverter abgestochen und bei 35 bis 40 cm Druck erst 8 Minuten geblasen, dann begann bei hellem Funken- und Flammenschein die Kochperiode. Nach weiteren fünf Minuten wurde die Masse in eine Umgufspfanne entleert und aus dieser in den mit 100 kg Kalk beschickten Magnesiakonverter gegossen. Nach vier Minuten Blasen war die Masse entphosphort. Diesen Betrieb nannten die Erfinder procédé de transversement. Dem entphosphorten Produkte wurden in der Giefspfanne 12 Prozent Ferromangan zugesetzt und das Metall dann in kleine Koquillen ausgegossen. Die ganze Operation dauerte 22 Minuten; der Abbrand betrug 18 bis 19 Prozent; das Produkt war sehr weich. Die Anlagekosten eines Werkes von 20 bis 30 Tonnen Erzeugung den Tag betrug ca. 80000 Mark.

In Frankreich erwies sich auf den Hütten von Stenay und Fraisant nur der saure Prozefs als vorteilhaft.

Digitized by Google

Franz Horn in Duisburg machte 1886 den Vorschlag, die Birne direkt in einem Gerüst aufzuhängen, das als Wage diente, um sogleich die Chargen abzuwiegen.

In den Vereinigten Staaten wurden die Clapp-Griffithöfen seit 1883 mit Erfolg weiter betrieben, 1886 waren sie auf neun Werken eingeführt, am 15. Februar standen sechs, am 1. Juli 10 Öfen im Betriebe. Eine der vollkommensten Anlagen war die der Glasgow-Eisengesellschaft zu Pottstown, Pa., welche 100 bis 150 Tonnen täglich erzeugte. Das Produkt war gut walz- und schweifsbar, weich und gleichmäfsig. Der Clapp-Griffithkonverter der Anlage der Nail Company zu Belleville bei St. Louis hatte 1143 mm Durchmesser. Der Wind trat durch sechs 230 mm über dem Boden befindlichen Düsen von zusammen 38 mm Durchmesser mit einem Überdruck von 0,6 Atmosphären ein. Jede Charge lieferte 1800 kg, bei Zusatz von 1,25 Prozent Ferromangan und ca. 86 Prozent Ausbringen. Der Abbrand schwankte von 12 bis 15 Prozent. Man machte 34 Hitzen in der Stunde und erhielt 80 bis 100 Tonnen den Tag.

In Avesta in Schweden war man 1887 zu der Überzeugung gelangt, dafs die kleinen Chargen unvorteilhaft seien, und erhöhte dieselben auf 1020 kg.

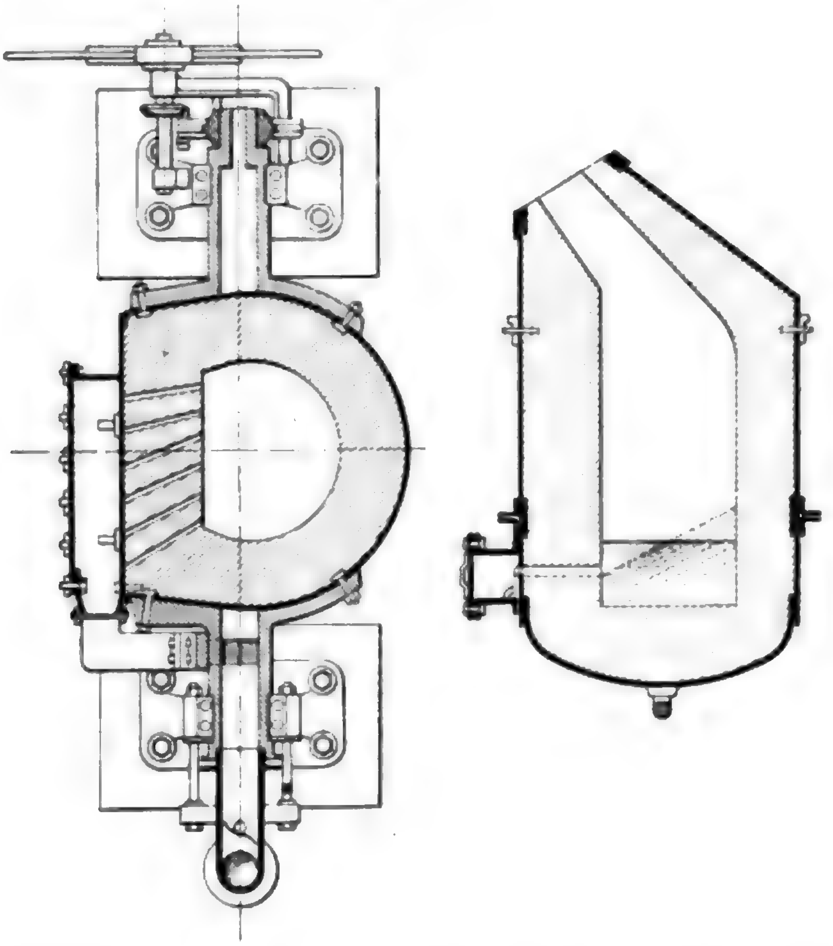
In Frankreich gab sich Direktor Robert zu Stenay grofse Mühe mit dem Kleinbetrieb in den Öfen von Walrand-Delattre. Dort waren 1887 vier Öfen im Betriebe. Robert änderte den kreisförmigen Querschnitt der Birne in einen halbkreisförmigen, Fig. 273, um, die Düsen brachte er, wie beim Clapp-Griffithkonverter, seitlich an und zwar alle in der flachen Vorderwand. Durch Schrägstellung der Birne kann man den Wind mehr oder weniger tief unter der Oberfläche des Metalles einführen. Dabei hatten die Düsen eine schiefe Stellung zur Mittelachse, wodurch die Metallmasse beim Blasen in Drehbewegung versetzt werden sollte. Den regelmäfsigen basischen Betrieb führte man erst 1886 in Stenay ein. Das Futter bestand wie bei den Thomasbirnen aus Dolomit und Teer. Der Einsatz betrug 800 bis 1100 kg., die Pressung $^1/_3$ bis $^1/_2$ Atmosphäre Überdruck, die Blasezeit acht bis zehn Minuten. Vor dem Ausgiefsen wurde 1 Prozent Ferromangan zugesetzt. Ein Dolomitfutter hielt 80 bis 90 Güsse aus. Mit zwei Konvertern konnte man bequem zwei Güsse in einer Stunde machen. Der Stahl war heifs und geeignet für Stahlgufswaren. Der Abbrand soll nur 10 Prozent betragen haben. Die ganze Anlage mit zwei Birnen kostete 59730 Mark. — Bookwalter in Springfield, Ohio, erwarb Roberts Patent für Amerika und

Digitized by Google

führte diese Birnen auf mehreren Stahlwerken der Vereinigten Staaten ein.

Tropenas, Ingenieur zu Stenay, nahm 1891 ein Patent auf einen Konverter mit seitlich, teils unter, teils über der Oberfläche des Metallbades mündenden Düsen, der sich im übrigen von dem Robertkonverter kaum unterscheidet. Er hat aber eine ziemliche Ver-

Fig. 273.



breitung gefunden[1]). Auf ähnlichem Prinzip beruhen die neueren Konverter von Sherk und Rutter und von E. Cambier.

Um auch die Clapp-Griffithöfen zur Entphosphorung verwenden zu können, schlug M. H. Koppmeyer in Wien 1888 vor, sie mit basischen Herdöfen zu kombinieren. In den Vereinigten Staaten erhöhte man den Einsatz der Clapp-Griffithkonverter von 2 auf 3 Tonnen. Danach konnte man kaum mehr von Kleinbessemerei sprechen. Ein grofser Konverter von etwa 10 Tonnen Inhalt arbeitete aber immer vortheilhafter als eine entsprechende Anzahl kleiner. Infolgedessen kamen auch die Clapp-Griffithkonverter in den neunziger Jahren

[1]) Stahl und Eisen 1898, S. 183.

Digitized by Google

wieder mehr in Abgang, um so mehr, da sich die Hoffnung, die Hochöfen könnten ihr Eisen leichter in Form von Flufseisen als von Roheisen verwerten, nicht bewährte. Die Stahlwerke machten an die Stahlblöcke zu hohe und zu verschiedenartige Ansprüche je nach ihrer Fabrikation, und da den Hochofenwerken die Fühlung mit jener fehlte, so waren die Abnehmer selten befriedigt.

Besser bewährten sich die kleinen beweglichen Konverter für den Stahlgufs. Diese fanden denn auch in den Vereinigten Staaten Eingang, wo man 1891 auf sieben Werken 11 Robertkonverter zählte. Auch in Ungarn, wo man 1886 Clapp-Griffithöfen zu Bikas (Bujakowa) und Altsohl eingeführt hatte, kamen 1891 Walrandkonverter in Aufnahme. Damals unterschied man folgende Kleinbessemeröfen:

I. Konverter zum Auswechseln (Davy, Horn, Trappen).

II. Konverter nicht zum Auswechseln.

A. Drehbar:
- a) mit Düsen unten (Avesta),
- b) mit Düsen von der Seite (Walrand-Delattre, Robert, Durfee, Laureau, Tropenas, Sherk-Rutter, Cambier),
- c) mit Düsen innen (Bessemer).

B. Feststehend:
- a) mit bleibenden Böden, die Düsen über dem Boden (Clapp-Griffith, Wittnhöft, Rasselstein, Allender-Hunyad),
- b) mit auswechselbarem Boden (Durfee, Witherow, Altsohl).

Der Abbrand stellt sich bei der Kleinbessemerei durchschnittlich um 4 bis 5 Proc. höher als bei dem Grofsbetrieb. Folgende Zahlen geben den prozentualen Abbrand bei den verschiedenen Methoden an:

Konverter	Prozent
Feststehender schwedischer	12 bis 15
Avesta	12,6
Clapp-Griffith	12 bis 15
Davy	10 „ 12
Hatton	13 „ 14
Walrand (älterer)	16
Witherow	13
Robert	15
Rasselstein	20
Bujakowa	10
Altsohl	15

Ein Nachteil des Kleinbetriebes ist ferner, dafs die Chargen leicht kalt gehen. Man mufs das Eisen heifs in die Birne bringen und wenn nötig die Masse gegen Ende des Prozesses noch durch Zusatz von Ferrosilicium aufwärmen. Dies schlugen Walrand und Legénisel für ihren verbesserten kleinen Konverter 1893 vor. O. Vogel giebt an, dafs er dies schon drei Jahre zuvor in Neusohl in Ungarn eingeführt habe.

Walrand und Legénisel sind bei ihrem neuen Konverter 1891 (D. R. P. Nr. 60950) wieder zu den kleinsten Dimensionen zurückgekehrt und empfehlen Birnen mit nur 250 kg Einsatz. Hierbei ist aber der Zusatz von Heizkörpern zur Erhitzung des Flufseisens unbedingt erforderlich und zwar bei saurem Betrieb Siliciumeisen, bei basischem Betrieb Phosphoreisen, welche Körper kurz vor oder nach dem Verschwinden der Kohlenstoffflamme zugesetzt werden.

Bei dem Tropenaskonverter, wovon 1898 bereits eine Anzahl in Frankreich, England, Rufsland und Österreich besonders für Stahlgufs betrieben wurde, wird der Gebläsewind durch mehrere horizontal angeordnete Düsen nicht durch das Bad, sondern auf das Bad geleitet. Die Düsen sind auf einer Seite in divergierender Stellung angeordnet. Über der unteren Düsenreihe befindet sich eine zweite, welche nach Bedarf Luft zur Verbrennung des gebildeten Kohlenoxydes zuführt, um die Temperatur, die natürlich nicht so hoch wird wie bei dem Durchblasen, zu erhöhen.

Fortschritte des Bessemer- und Thomasprozesses seit 1881.

Wenden wir uns nun wieder dem Grofsbetriebe zu und betrachten wir kurz die Fortschritte bei dem sauren und bei dem basischen Verfahren seit 1881.

Das Bessemern mit saurem Futter erfuhr durch die Einführung des Thomasprozesses mancherlei Anregung und Verbesserungen, um so mehr, als letzterer sich für viele Werke als ein Wettbewerb fühlbar machte. Die Bessemerwerke suchten durch billige Massenerzeugung dieser Konkurrenz zu begegnen. Dies geschah besonders durch Schnellbetrieb und Ersparnis an Arbeitskraft durch maschinelle Einrichtungen. Während man früher nur 12 Chargen am Tage verblasen hatte, waren um 1882 24 bis 36 Chargen die Regel, ja man hatte schon bei besonderer Anstrengung 50 bis 60 erzielt.

Digitized by Google

Mit dem Maschinenbetrieb gingen die Stahlwerke in den Vereinigten Staaten von Amerika am entschiedensten vor und ihre Einrichtungen wurden vielfach mustergültig. Als ein solches Musterwerk galt 1881 das nach den Plänen von A. L. Holley unter Mitwirkung des Betriebsleiters John Fritz neu errichtete Bessemerstahlwerk zu Bethlehem in Pennsylvanien[1]). Bei keiner Anlage waren bis dahin die Vorteile des maschinellen Transportes aller Roh-, Zwischen- und Fertigprodukte so ausgenutzt wie hier. Gerade darin lag aber der Hauptgrund der überlegenen Leistung der amerikanischen Bessemerwerke. Jede Birne hatte dabei ihre besondere Giefspfanne mit Giefskran, zwei Blockkränen und drei Kränen für den Transport der Blöcke. Die Birnen waren auf Säulen montiert; überall war hydraulische Bewegung angewendet. Zum Umschmelzen des Roheisens dienten grofse Kupolöfen von 2300 mm Schachtdurchmesser. Die Weite zwischen den Düsen betrug 1820 mm. Das Spiegeleisen wurde ebenfalls in Kupolöfen von 770 mm Schachtweite und 500 mm zwischen den Düsen, welche mit vier Formen von 100 mm Öffnung versehen waren, geschmolzen. Sämmtliche Pfannen wurden in einem besonderen Heizraum mit Gasfeuerung vorgewärmt.

Die allgemeine Benutzung des Wasserdruckes zur Bewegung der Birnen, Kräne u. s. w., welche ebenfalls von Bessemer zuerst eingeführt worden war, gehört zu den wichtigsten Verbesserungen bei der Flufsstahlfabrikation, ferner die allgemeine Anwendung der von Holley zuerst angegebenen Losböden und die Einführung der von John Gjers 1882 erfundenen Ausgleichgruben (soaking-pits, Engl. Pat. 1882, Nr. 3545; D. R. P. Nr. 21712), durch welche ein Teil der Hitze der Blöcke für die Weiterverarbeitung nutzbar gemacht wurde. Alle diese Verbesserungen haben wir schon bei dem Thomasverfahren erwähnt. Überhaupt lassen sich die mechanischen Verbesserungen bei dem pneumatischen Betriebe für den sauren oder den basischen Prozefs nicht scheiden, sie kamen beiden zu gut. Dies gilt für alle im folgenden aufgeführten Vorschläge und Erfindungen, wo dies nicht besonders erwähnt wird.

Um das flüssige Eisen von Hochöfen, die von dem Flufsstahlwerk entfernt lagen, herzuschaffen, konstruierte man fahrbare Giefspfannen mit Dampfbetrieb. Solche führte Snelus 1880 auf den West-Cumberlandwerken ein. Zu Ebbw Vale in Südwales fuhr man 1885 das

---

[1]) Siehe Engineering v. 28. Okt. 1881; Stahl und Eisen 1882, S. 54; Kerpely, Fortschritte des Eisenhüttenwesens, S. 273 u. Taf. X, Fig. 3 bis 7.

flüssige Eisen von Sirhowy nach dem Stahlwerk 9,6 km weit. Auch von den Hochöfen der Hütte selbst wurde das flüssige Eisen 1,6 km gefahren, die Giefspfanne war mit einer Lokomotive verbunden, die auf einer Schienenbahn lief.

Auf der Erimushütte bei Middlesborough, wo man 1881 die Danksofenanlage in ein Thomaswerk umgebaut hatte, benutzte man die Bessemerflamme, um den Gebläsewind für den Prozefs selbst zu erhitzen. Man erzielte eine Temperatur von 232° C. und eine Kohlenersparnis von angeblich 25 Prozent.

Caspersson in Schweden veröffentlichte 1882 wichtige Untersuchungen über den Einflufs der Birnentemperatur auf die Beschaffenheit der Stahlblöcke, besonders auf Blasenbildung und Nachsaugen[1]). Sehr wesentlich war die Anfangstemperatur, der Hitzegrad, mit der das flüssige Roheisen in den Ofen oder die Birne gelangte. Da man in Schweden mit siliciumarmem Roheisen arbeitete, dessen Siliciumgehalt höchstens 1 Prozent betrug, so mufste die Charge eine hohe Anfangstemperatur haben. In Schweden gelangte das Roheisen direkt aus dem Hochofen in die Birne, und der Betrieb dieser mufste also dementsprechend geführt werden. Das Kochen trat infolge des niedrigen Siliciumgehaltes rasch ein, die ganze Blasezeit dauerte in der Regel nur sieben bis zehn Minuten. Der Prozefs wurde im richtigen Moment der Entkohlung unterbrochen, wofür das Aussehen der Flamme mafsgebend war. Eine Rückkohlung fand in der Regel nicht statt[2]).

Für den Schnellbetrieb, wie er in Amerika geführt wurde, empfahl es sich, den Konverter- und den Giefsraum zu trennen und die Giefspfanne, welche alle in einer Reihe aufgestellten Konverter bestrich, aus dem heifsen Konverterraum heraus in einen besonderen Giefsraum zu fahren. Diese Anordnung traf man 1882/83 bei den Thomashütten zu Hörde und zu Peine sowie 1884 bei dem neuen Stahlwerk zu Königshütte in Oberschlesien. In England sprach sich Stead 1883 für diese Einrichtung aus. Sie wurde eingeführt in dem Bessemerwerk Ougrée in Belgien und den meisten neueren amerikanischen Werken.

Zur besseren Mischung des Spiegeleisens oder Ferromangans mit dem Flufseisen konstruierte Allen 1881 einen mechanischen Rührer,

---

[1]) Stahl und Eisen 1883, S. 71.

[2]) R. Åkermann, „Über das Bessemern in Schweden" in Stahl und Eisen 1893, S. 920.

einer Schiffsschraube ähnlich, was übrigens Bessemer schon früher vorgeschlagen hatte. Solche Rührer kamen damals in Anwendung auf den Werken von Bessemer in Sheffield und zu Donawitz in Steiermark.

C. Stöckmann in Ruhrort wollte Strontianit zur basischen Ausfüllung verwenden.

Die von P. Kuppelwieser 1881/82 auf der neuen Bessemerhütte zu Witkowitz eingeführten Konverter liefsen sich nach zwei Seiten neigen.

W. M. Henderson zu Stockton in den Vereinigten Staaten montierte 1882 die Birne, um sie leichter auswechseln zu können, auf Laufräder. Ferner liefs er den Wind durch den hohlen Tragring streichen, um ihn vorzuwärmen (D. R. P. Nr. 19 635). In ähnlicher Weise konstruierte 1883 J. Reese einen fahrbaren Konverter, um damit direkt zum Hochofen zu fahren. S. G. Thomas gab 1883 eine verbesserte Kippvorrichtung an, wobei das Drehen der Birne durch eine Kippscheibe geschah (D. R. P. Nr. 22 014).

Bolkow, Vaughan & Co. fertigten 1883 die Tragringe ihrer grofsen 15-Tonnen-Konverter aus Gufsstahl, weil Schmiedeeisen dafür nicht mehr genügte.

Gjers konstruierte 1881 fahrbare Durchweichungsgruben, die zuerst zu Darlington angewendet wurden. In Nordamerika erfand A. W. Hainsworth 1881 Durchweichungsgruben, die den Gjersschen ähnlich waren; er verband dieselben noch mit einer Regenerativfeuerung. Auch Jac. Reese in Pittsburg liefs sich 1883 eine fahrbare Durchweichungsgrube patentieren. Seit September 1883 wurden in den Scranton-Stahlwerken mit Hülfe Gjersscher Gruben vierfache Vignoles-Schienen von 120 Fufs Länge in einer Hitze ausgewalzt.

Zur Abkühlung zu heifser Chargen bliesen 1883 W. R. Jones[1]) in den Edgar-Thomas-Werken und 1884 Walker in dem South-Chicago-Walzwerk Dampf in den Konverter.

J. Gjers liefs sich 1884 ein Verfahren patentieren, wonach er, sobald das Blasen beendigt war, Generatorgas, ein Gemisch von Kohlenoxydgas und Stickstoff durch die geschmolzene Masse hindurchblies. Das Kohlenoxydgas sollte alles durch das Überblasen entstandene, oxydierte Eisen reduzieren, also wie der Kohlenstoff im Spiegeleisenzusatz wirken und diesen überflüssig machen (Engl. Pat. 1884, Nr. 6484). Gjers führte dieses Verfahren in Ayrsome (Schottland) ein.

[1]) Am. Pat. Nr. 287 687 v. 30. Okt. 1883.

Digitized by Google

T. Williamson verband 1884 den Konverter mit einer Regenerativfeuerung. Nachdem er eine Zeit lang wie gewöhnlich Wind durch das Eisen geblasen, senkte er den Konverter und liefs die heifsen Regeneratorgase über das Metallbad streichen (Engl. Pat. 1884, Nr. 6082; D. R. P. Nr. 31 236).

Schon im Jahre 1882 hatte sich J. Reese in den Vereinigten Staaten den „Duplexprozefs“ patentieren lassen, der darin bestand dafs Roheisen zuerst in einer Bessemerbirne entsiliziert und entkohlt, alsdann in einem Flammofen oder offenen Herde mit basischem Futter entphosphort wurde. Dies Verfahren, welches indes keineswegs neu war, indem es schon seit Jahren in Neuberg in Steiermark angewendet worden war[1]), stand längere Zeit der Einführung des Thomasprozesses in Amerika im Wege.

Ein ganz ähnliches Verfahren, Entkieselung und Entkohlung im Konverter und Entphosphorung im Martinofen empfahl, T. Valton 1884[2]). Statt der Entphosphorung im Martinofen wurde von anderer Seite der Kruppsche Apparat (S. 580) in Vorschlag gebracht. Zu Longwy wendete man (1887) die Kombination mit dem Martinofen an, um blasenfreien Gufs zu bekommen.

Das Harmetsche Verfahren, d. h. die Entkieselung in einer sauren und die Entphosphorung in einer basischen Birne führte 1885 Paul Kuppelwieser mit Erfolg in Witkowitz ein.

Carlsson zu Ulfshytta (1886) unterbrach das Blasen beim Beginne der Kohlenstoffverbrennung, gofs einen bestimmten Teil der Charge als „Reduktionsmetall“ aus, blies dann zu Ende, setzte Ferromangan und so viel von dem Reduktionsmetall, als der gewünschten Stahlsorte entsprach, zu. Er konnte hierdurch aus demselben Roheisen Flufseisen von beliebigem Härtegrad herstellen.

Inzwischen hatte man besonders auf den nordamerikanischen Stahlwerken eine noch höhere Leistung der Konverter erreicht. Nach J. von Ehrenwerth[3]) wurden auf der Cambriahütte in zwei 8-Tonnen-Konvertern bei regelmäfsigem Betrieb in sechs Arbeitstagen bei 551 Chargen 4069,818 Tonnen oder im Jahre 20 349,099 Tonnen erblasen.

Ähnliche Produktionsziffern erreichte man in England, während die vier alpinen Bessemerhütten in Österreich, Zeltweg, Heft, Prävali

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1897, S. 626; vergl. auch Delafond, Der basische Prozefs in Creuzot, Annales des Mines 1882, I, p. 366.

[2]) Siehe Génie civil 1884.

[3]) Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1881, S. 253.

und Neuberg zusammen nur $^3/_{11}$ der obigen Erzeugung der Cambriahütte lieferten.

Welchen raschen Siegeslauf der Thomasprozefs in Deutschland nahm, erhellt aus folgenden Zahlen:

	Produktion	
	Bessemerstahl Tonnen	Thomasstahl Tonnen
1884	486 000	488 000
1887	432 000	1 076 000

Eine sehr wichtige Erfindung war die von J. H. Darby in Brymbo in England 1888 vorgeschlagene Rückkohlung mittels Kohle[1]). Danach sollte die Reinigung und Nachkohlung des fertig geblasenen Flufseisens einfach durch eine Filtrierung durch Holzkohlen in einem mit feuerfestem Thon ausgekleideten Cylinder erfolgen. Später verwendete er gemahlenen Graphit, den er durch eine Röhre gleichzeitig mit dem in die Giefspfanne ausfliefsenden Strahl des Flufsmetalles in Berührung brachte. Er machte seine Versuche mit Martinstahl.

Der Phönixhütte bei Ruhrort und ihrem Direktor A. Thielen gebührt das Verdienst, Darbys Erfindung für den Konverterprozefs praktisch ausgebildet zu haben[2]). 1889 nahm die Gesellschaft Phönix ihr erstes Patent (D. R. P. Nr. 47 215) auf „Kohlung von Eisen, darin bestehend, dafs das geschmolzene Metall aus der Giefspfanne durch die in einem Kessel enthaltene Schicht von Kohlenstoff in eine zweite Giefspfanne filtriert wird“.

Als geeignetes und billigstes Kohlungsmittel erwies sich Kokspulver. Statt des Kessels nahm man später einen trichterförmigen Eisenblechbehälter mit durchlöchertem Boden, in welchen regelbare Mengen Kohlungsmaterial gleichzeitig mit dem flüssigen Eisen zugeführt wurden (D. R. P. Nr. 51 353). Hierbei ergab es sich, dafs man den Trichter oder Kessel ganz entbehren konnte, wenn man nur das erforderliche Kohlungsmaterial dem fliefsenden Eisen so zuführte, dafs es sich mit demselben vermischte; dies konnte ohne eingeschaltetes Gefäfs in der Giefspfanne oder selbst in der Gufsform geschehen. Hierauf erwarb die Gesellschaft ihr drittes Patent (D. R. P. Nr. 53 784) für eine Abänderung ihres Verfahrens, darin bestehend, „dafs behufs Erzielung einer gleichartigen Zusammensetzung der ge-

[1]) Stahl und Eisen 1890, S. 920; daselbst 1894, S. 465.
[2]) Siehe Wedding in Stahl und Eisen 1894, S. 468.

Digitized by Google

kohlten Blöcke das geschmolzene Metall mit dem zerkleinerten, in gleichbleibenden Mengen zugeführten Kohlenstoff vor dem Eintritt in die Gufsform oder während desselben vereinigt wird". Die Zuführung des getrockneten Kokspulvers geschah durch ein an der oberen Bühne pendelnd aufgehängtes Rohr mit Trichter und Entleerungsschieber[1]).

Andere Eisenhütten modifizierten das Darbysche Entkohlungsverfahren wieder in anderer Weise und erwarben Patentschutz für ihre Verbesserungen. Von diesen hat das Düdelinger Kohlungsverfahren von Direktor J. Meier von 1894 (D. R. P. Nr. 74819) die meiste Anwendung gefunden[2]). Es besteht zunächst in der Herstellung von Kohlenziegeln aus reinen Anthrazitkohlen oder Kokspulver, welche mit Kalkmilch eingebunden werden. Diese Kohlenziegel werden alsdann in entsprechender Menge auf den Boden der Giefspfanne gelegt und das flüssige Metall darauf gegossen. Ein späteres Patent (Nr. 80340) sieht die Anwendung des Kohlungsmittels in Pulverform und das Eintragen desselben in die Gufs- oder Blockform vor. Dieses Verfahren wurde auf verschiedenen anderen Werken, wie bei de Wendel zu Hayingen und Joeuf, zu Ougrée, Creuzot u. s. w., mit Erfolg eingeführt.

In Oberhausen warf man das in Blechbüchsen eingeschlossene Kohlenpulver direkt in die Birne. Damit sie besser in das Bad eintauchten, beschwerte man die mit 10 kg Kokspulver gefüllten Büchsen noch mit je 8 kg zerkleinertem Spiegeleisen. Die Kohlung in der Birne hat sich aber weniger bewährt als die in der Giefspfanne. In Österreich brachte man einfach Holzkohlenpulver auf den Boden der Pfanne. In Amerika warf man Säcke mit 22 kg Kokspulver in das Stahlbad. Es tritt sofort eine heftige Reaktion, aber kein Überkochen ein.

Erfahrungsmäfsig wurde von dem verwendeten Kohlenstoff nur etwa die Hälfte von dem Flufseisen aufgenommen.

Andere, zum Teil ältere Vorschläge, wie der 1885 von W. Mathesius in Hörde gemachte, Teer, Petroleum oder ähnliche Stoffe vor beginnender Entphosphorung in den Konverter einzublasen, ferner die 1888 von Jos. Toussaint vorgeschlagene Reinigung des Flufseisens durch Fett und die von Alf. Griffith empfohlene durch den elektrischen Strom haben eine praktische Bedeutung nicht erlangt. Dagegen will man in den Vereinigten Staaten 1889 durch Einblasen von Naturgas eine Reinigung des Flufseisens erzielt haben.

Der grofse Wert des Darbyschen Kohlungsverfahrens ist einer-

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1890, S. 925.

[2]) Zeitschr. f. angew. Chemie 1894, S. 357; Stahl und Eisen 1894, S. 473.

seits ein ökonomischer, andererseits ein technischer, weil hierdurch die Kohlung ohne gleichzeitige Zuführung von Mangan geschieht, was öfters sehr erwünscht ist.

Eine andere an und für sich höchst einfache, aber in ihren Folgen für den Konverterprozefs sehr wichtige Erfindung war die des Mischers. Wo man das Roheisen unmittelbar dem Hochofen entnahm, war man gezwungen, das Roheisen zu verarbeiten, wie es gerade fiel. Da aber auch bei sorgfältigster Führung des Hochofenbetriebes das erzeugte Produkt nicht immer das gleiche ist, so hatte auch der Konverterbetrieb unter diesen Schwankungen zu leiden. Standen nun, wie dies auf gröfseren Hüttenwerken meistens der Fall war, die Abstiche mehrerer Hochöfen zur Verfügung, so konnte man diese entsprechend mischen, wie dies beim Umschmelzen im Kupolofen durch die Gattierung geschah. Diese Mischung für jede einzelne Charge in der Roheisenpfanne vorzunehmen, hatte aber sein Mifsliches. Viel vollkommener mufste dies geschehen, wenn man die ganzen Abstiche der Hochöfen in einem grofsen Sammelgefäfse vereinigte, mischte und daraus in den Konverter abstach. Dieses Gefäfs ist der Mischer.

Eines solchen Apparates bediente man sich zuerst, seit 1884, auf den Consettwerken von Carnegie Brothers & Co. bei Pittsburg. Der erste Mischer war von Kapitän W. R. Jones entworfen und ausgeführt worden.

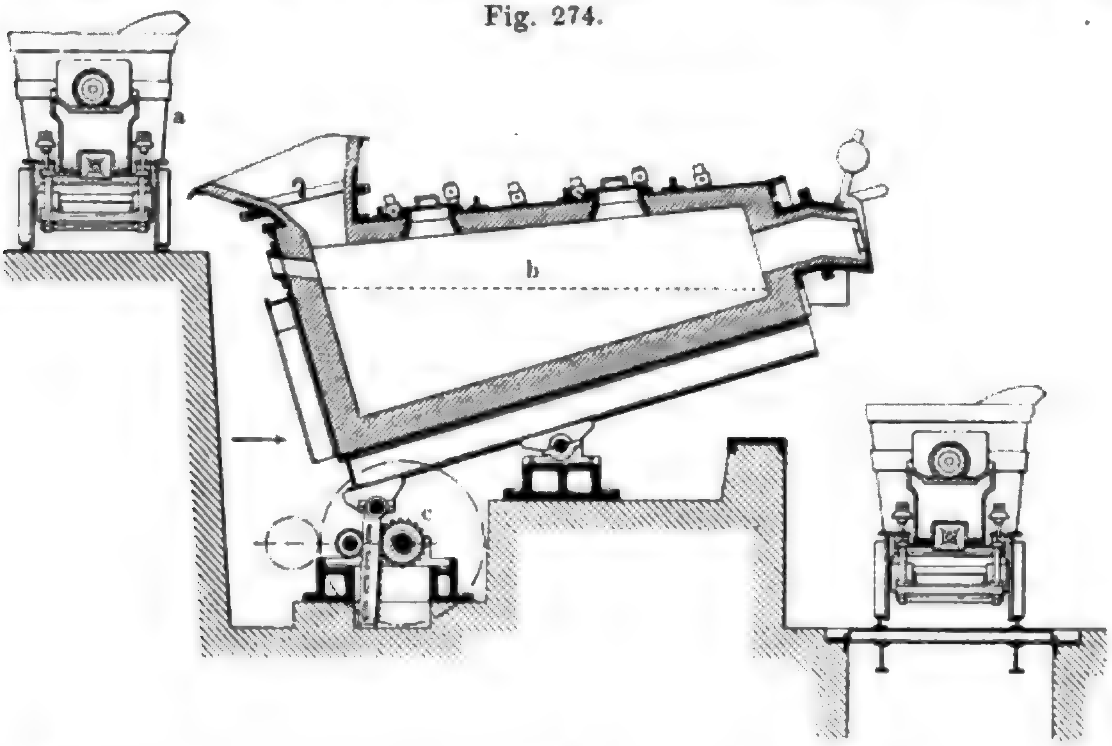
1889 liefs sich John Thomas King in Liverpool einen Apparat zum Mischen verschiedener Roheisensorten in England patentieren. 1889 führte Kapitän W. R. Jones den ersten, Fig. 274 abgebildeten, Robinson-Mischer von 80 Tonnen Fassungsraum in die Hochofenanlage der Edgar Thomson-Werke in Braddock bei Pittsburg ein[1]). Seit dieser Zeit gewannen die Mischer mehr und mehr Verbreitung und erfuhr nur die Gestalt des Sammelgefäfses eine geringe Veränderung, indem man die Ecken abrundete, wodurch das ganze Gefäfs mehr die Form eines riesigen Konverters in geneigter Stellung erhielt. Solche Mischer wurden ausgeführt von J. Thomson King in Liverpool (Engl. Pat. vom 4. Juni 1889), von der Youngstown Steel Co., von dem Hörder Verein und danach von Oberhausen und von der Société Cockerill in Seraing. Allen und Davy liefsen sich 1894 einen heizbaren Mischer (Engl. Pat. Nr. 15875/93) patentieren. Der Mischer verlangt, wie aus der Ab-

[1]) Stahl und Eisen 1890, S. 26.

bildung hervorgeht, zwei Schienengeleise in verschiedener Höhenlage; auf dem einen wird das Roheisen vom Hochofen zugefahren, auf dem anderen wird das Eisen aus dem Mischer nach dem Konverter gebracht. Die betreffenden Pfannen werden mit Lokomotiven fortbewegt. Man entleert den Mischer nie vollständig, sondern sucht ihn immer möglichst gefüllt zu halten.

Der Mischer bietet zumeist den Vorteil, dafs man die Abstiche verschiedener Hochöfen mischen kann, um dadurch einen bestimmten mittleren Siliciumgehalt für den sauren oder einen entsprechenden Phosphorgehalt für den basischen Prozefs zu erhalten. Sodann giebt

Fig. 274.



der Mischer Gelegenheit, durch Zusatz gewisser Eisensorten oder anderer Substanzen eine Reinigung des Mischeisens herbeizuführen. Dies hat zu dem richtigen Verfahren der Entschwefelung des Roheisens durch Mangan (D. R. P. Nr. 54 976) geführt, welches seit 1890 zu Hörde, nachdem der Verein Carnegies Mischerpatent für Deutschland erworben hatte, in grofsem Mafsstabe betrieben wurde und um welches sich Direktor Massenez das Hauptverdienst erworben hat.

Die Erfahrung, dafs Mangan am meisten zur Abscheidung des Schwefels aus dem Roheisen geeignet ist, war längst bekannt (s. S. 18) und wurde beim Hochofenbetrieb in ausgedehntem Mafse angewendet, indem man durch Zusatz von manganhaltigen Erzen ein schwefelfreies Roheisen zu erzeugen suchte. Dazu sind aber grofse Mengen manganreicher Erze, die hoch im Preise stehen, erforderlich. Ökonomisch vorteilhafter wird es deshalb in den meisten Fällen sein, die Beschickung

des Hochofens nach der Natur der Erze, ohne besondere Rücksicht auf die Entschwefelung, einzurichten und dann das schwefelhaltige Roheisen im Mischer durch Zusatz von Mangan oder einem manganreichen Eisen zu entschwefeln. Mischt man in dieser Weise schwefelhaltiges Roheisen mit manganreichem und läfst das Gemisch 20 Minuten oder länger stehen, so wird der gröfste Teil des Schwefels als schwefel- und manganreiche Schlacke an der Oberfläche abgeschieden, von wo sie leicht abgezogen werden kann. Hochofenwerke, die für den Bessemer- oder Thomasbetrieb mit Mischer arbeiten, werden also ihren Betrieb so einrichten, dafs sie in einem Hochofen manganreiches Eisen erblasen, während sie alle übrigen auf gewöhnliches Roheisen gehen lassen.

So geschieht es z. B. in Hayingen für den Thomasbetrieb, und man kann die Wirkung des Mischens auf den Schwefel aus folgender Zusammenstellung erkennen:

	I.	II.
Kohlenstoff	3,30	3,30
Silicium	0,70	0,70
Phosphor	2,00	2,00
Mangan	1,70	1,60
Schwefel	0,08	0,05

wobei I die durchschnittliche Zusammensetzung des dem Mischer zugeführten, II die des demselben entnommenen Materials zeigt[1]). Die Schlacke enthielt 14,11 Prozent Schwefelmangan[2]).

Bei schwefelreicherem Roheisen ist die Entschwefelung noch viel auffallender. Ledebur[3]) stellt drei Beispiele zusammen, wobei der Schwefelgehalt bei I von 0,137 auf 0,038, bei II von 0,111 auf 0,040, bei III von 0,163 auf 0,06 Prozent sank.

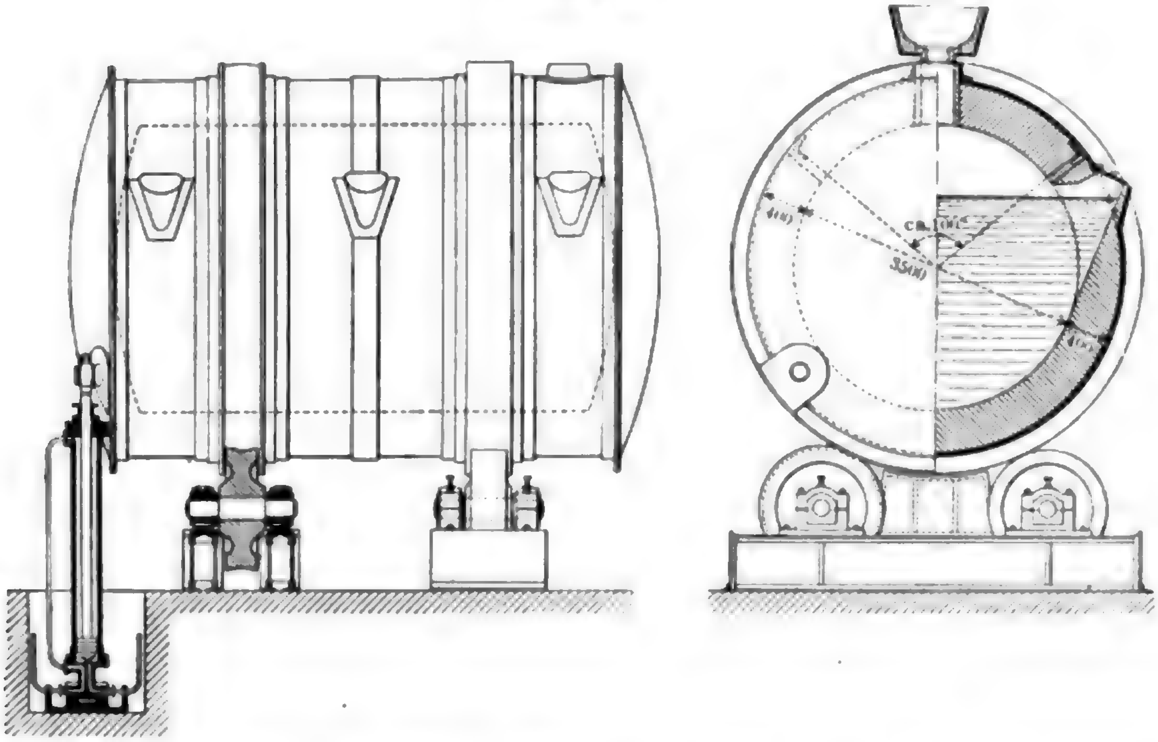
Der Mischer bewährte sich nicht nur für die Verwendung von Roheisen direkt vom Hochofen, sondern auch für den Kupolofenbetrieb, so z. B. 1894 auf den Werken der North-Eastern Steel Company in England. In den Vereinigten Staaten gab man den Mischern sehr grofse Dimensionen, so vergröfserte man z. B. ihre Fassung auf den Consett-Works 1895 von 200 auf 600 Tonnen. Meist gab man dem Mischer die Gestalt eines grofsen Konverters,

[1]) Stahl und Eisen 1893, S. 626.
[2]) Journ. of the Iron and Steel Institute I, p. 112.
[3]) Ledebur, Handbuch 1894, S. 633.

Digitized by Google

doch machte man ihn auch walzenförmig, wie z. B. der in Fig. 275 abgebildete von Friedenshütte in Schlesien.

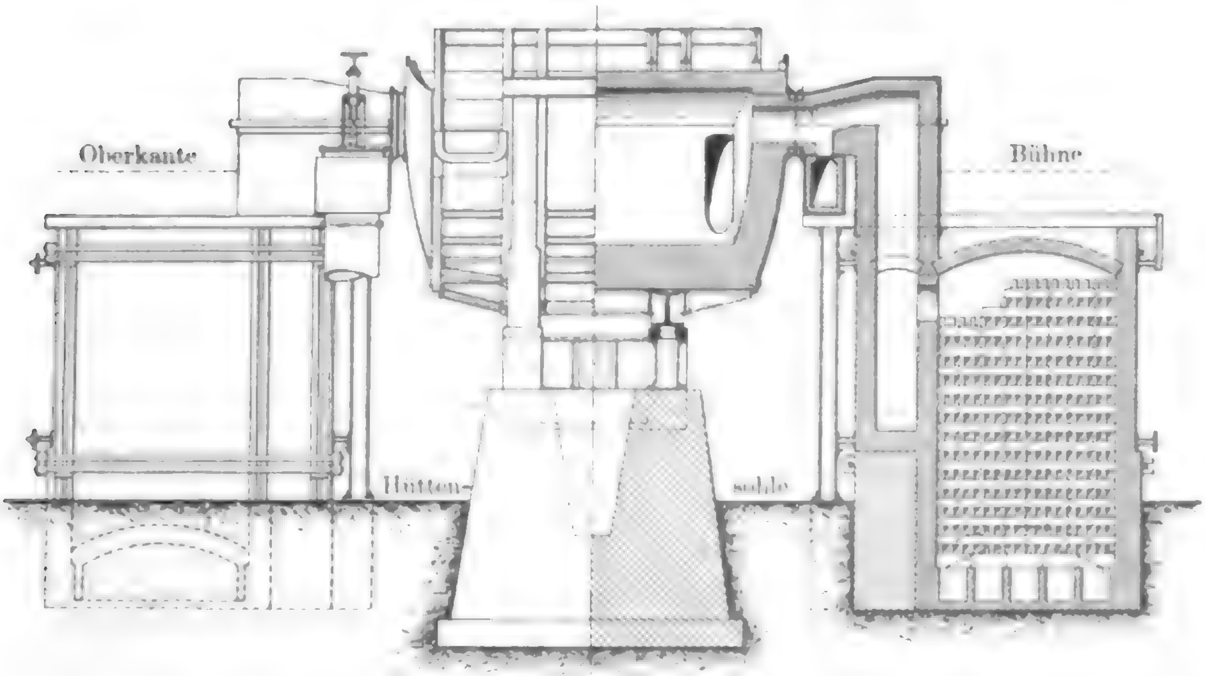
Fig. 275.



In neuester Zeit macht man in Amerika die Mischer heizbar und von muldenförmiger Gestalt, Fig. 276, 277 (a. f. S.).

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika wurde der Schnellbetrieb immer mehr entwickelt. Man arbeitete auf viele Chargen in

Fig. 276.

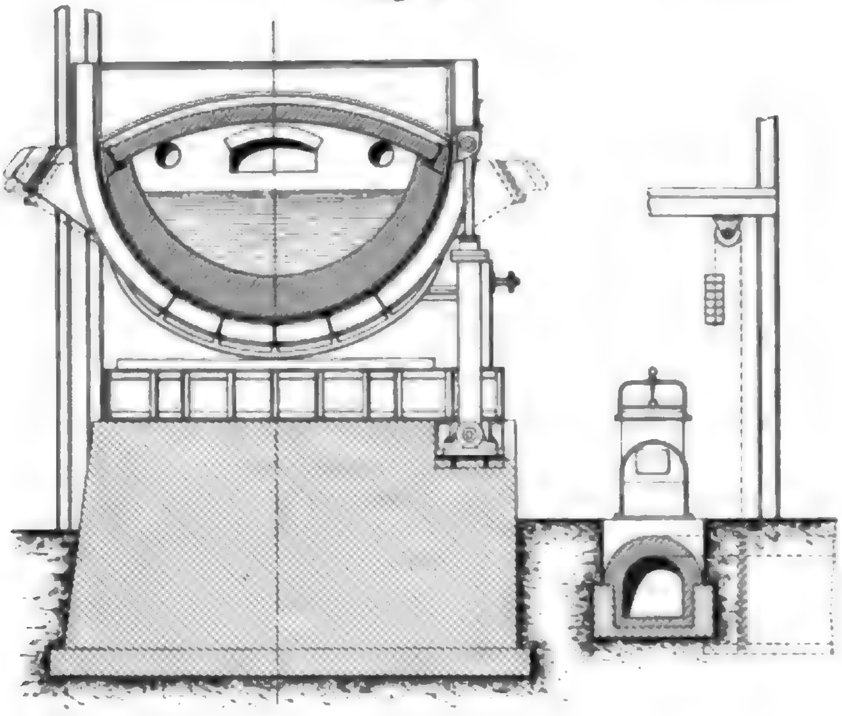


kurzer Zeit bei möglichst kaltem Eisen, d. h. bei einem Roheisen mit geringem Silicium- und Mangangehalt. Die Eigenwärme der

Digitized by Google

Charge bei Beginn des Blasens mufste um so höher sein. Die Birnen und Pfannen blieben dabei heifs. Man erzielte 1890 auf diese Weise 7 Chargen zu 10 Tonnen in einer Stunde, oder 61 Chargen zu 5 Tonnen in acht Stunden, woraus sich eine Chargendauer von ca. acht Minuten ergiebt. Auf den Edgar-Thomson-Werken wurden z. B. im September 1890 in der Nachtschicht bei 81 Chargen 870 Tonnen Stahl gemacht. Ebenso wurde der mechanische Betrieb namentlich

Fig. 277.



durch vorzügliche Einrichtungen zur Bewegung der Rohmaterialien immer mehr ausgebildet. Law, Howe und Ward in Chicago nahmen 1889 ein Patent (Nr. 405 422) auf Bessemeranlagen mit ausschliefslich mechanischem Betriebe. Henry M. Howe von Boston charakterisierte bei dem Meeting des Iron and Steel Institutes in New York am 2. Oktober 1890 den Bessemerbetrieb der Vereinigten Staaten wie folgt: Grofse Produktion, geringer Siliciumgehalt des Roheisens (selten über 1,78 Prozent, zuweilen nur 0,6 bis 0,9 Prozent), infolgedessen niedrige Anfangstemperatur. Die grofse Produktion wird erzielt durch starkes Blasen, rasche Chargen, kurze Pausen. Eins bedingt das andere. Kurze Chargen verlangen niedrigen Siliciumgehalt und rasches Blasen. Dieses erfordert wieder starke Maschinen und strenge Organisation. Heute übertrifft das Durchschnittsausbringen bei weitem das beste Einzelausbringen von 1876. Der geringe Siliciumgehalt ist ökonomisch vorteilhaft, es braucht weniger im Konverter verbrannt zu werden, infolgedessen ist der Verbrauch an feuerfesten

Digitized by Google

Materialien geringer. Koks ist ein billigeres Heizmaterial als das Silicium im Eisen, deshalb lieber ein siliciumarmes Roheisen im Kupolofen recht heifs eingeschmolzen, als erst durch Überschufs von Silicium grofse Hitze in der Birne erzeugt. Dabei ist aber ein Überhitzen im Kupolofen bei dem raschen Blasen nicht nötig. Der übliche Winddruck ist 1,41 bis 1,76 kg bei 12,9 bis 25,8 qcm Fläche der Düsenquerschnitte auf die Tonne Eisen.

In Schweden verarbeitete man ebenfalls Roheisen mit geringem Siliciumgehalt, höchstens bis 1 Proz., möglichst heifs, meist direkt aus dem Hochofen. 1898 machte J. Wiborgh darauf aufmerksam, dafs man die fehlende Eigenwärme des siliciumarmen Roheisens durch Blasen mit heifsem Wind (400 bis 500° C.) ersetzen könnte[1]). Pszczolka will dies durch gröfseren Druck im Konverter, den er durch Verengen der Birnenmündung erzielt, erreichen[2]).

Die Verbesserung der Giefspfannenwagen war um so wichtiger, je gröfser die Einsätze wurden, je gröfsere Massen flüssigen Metalles man darin zu transportieren hatte, und je gröfser die Güsse wurden. Man baute nicht nur grofse dampfhydraulische, sondern auch elektrische Giefspfannenwagen; so lieferte z. B. 1899 die Maschinenbau-Aktiengesellschaft Tiegler zu Meiderich solche für 20000 kg Inhalt[3]), zu deren Bedienung nur ein Mann erforderlich war.

Beim Gufs der Blöcke hat man die Erfindung von Sir Jos. Witworth, des Giefsens unter Druck mit Hülfe eines hydraulischen Kolbens zur Erzeugung dichter Güsse, durch andere Mittel zu ersetzen gesucht. H. R. Jones schlug 1879 Wasserdampf als Druckmittel vor; Tholander 1882 die Herstellung eines Vakuums in der Form; J. D. Ellis in Bethlehem versah seine Koquillen mit einem Aufsatzstück; F. Alfr. Krupp endlich führte feste Kohlensäure in die geschlossene Gufsform ein.

R. M. Daelen empfahl für den Gufs kleiner dichter Blöcke die Verwendung der Centrifugalkraft[4]).

Ferdinand Kapfl hatte sich 1889 in Österreich-Ungarn eine mechanische Vorrichtung zur Erzeugung blasenfreier Blöcke patentieren lassen, die darauf beruhte, dafs die Stahlmasse während des Erstarrens Erschütterungen ausgesetzt wurde, ähnlich wie bei den Setzsieben für die Erzaufbereitung.

---

[1]) Jernkontours Annalen 1898, Heft V.
[2]) A. a. O. 1900, S. 281.
[3]) Stahl und Eisen 1900, S. 643.
[4]) Daselbst 1893, S. 242.

Digitized by Google

Zum Loslösen der in den Koquillen festsitzenden Blöcke hatte William B. Jones zu Braddock 1888 eine Maschine erfunden, die in ihrem Hauptteil aus einem horizontalen, hydraulischen Kolben bestand. C. Haudry-Bonfosse in Seraing wollte das Festsitzen der Blöcke durch eine eigens konstruierte Koquille vermeiden (D. R. P. Nr. 47112).

Eine andere Vorrichtung zum Ausstofsen der Blöcke durch Wasserdruck liefs sich John T. Lewis in Turtle Creek (Pa.) 1893 patentieren (Amer. Pat. Nr. 480432)[1]); desgleichen konstruierte Henry Aiken in Pittsburg einen hydraulischen Blockausstofser (Amer. Pat. Nr. 526094/5)[2]), einen eben solchen Evans 1899[3]). Riley stellt die Blockformen umgekehrt auf, so dafs das weite Ende nach oben kommt, und hebt die Blöcke aus, anstatt dafs sonst die Koquillen abgehoben werden. Die Formen können dann immer an ihrem Platze stehen bleiben, wodurch weniger Zeit verloren geht. Damit die Zange die Blöcke besser fassen kann, werden zwei rinnenförmige Vertiefungen durch Kerneinlagen gebildet.

Verbesserte Blockzangen liefsen sich J. F. Lundahl in Homestead (Pa.) 1894 (Amer. Pat. Nr. 510037)[4]), Bayley und Roberts in Stockton on Tees (D. R. P. Nr. 84933), C. W. Bolzinger in Munhall. Pa., 1896 (Amer. Pat. Nr. 542985)[5]) patentieren.

A. G. Dinkey in Munhall erfand einen hydraulischen Blockkran (Amer. Pat. Nr. 542997)[6]). Ein elektrischer Blockkran von Morgan war schon 1894 patentiert worden (Amer. Pat. Nr. 520798 und 522913)[7]).

Sehr wichtig für die Fortschritte des Konverterprozesses waren die Verbesserungen der hydraulischen Kräne namentlich bezüglich rascher Bewegung auf- und abwärts und zum Drehen. Eine grofse Beschleunigung des Betriebes und dadurch Erhöhung der Leistung wurde durch das direkte Giefsen der Blöcke auf Wagen, welches in Amerika um 1897 aufkam, herbeigeführt.

Eine Verbesserung der Qualität des Flufseisens bezweckte 1890 Leop. Pszczolka in Graz dadurch, dafs er das überblasene

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1893, S. 213.
[2]) Siehe a. a. O. 1895, S. 543.
[3]) Siehe a. a. O. 1900, S. 241.
[4]) A. a. O. 1894, S. 645.
[5]) A. a. O. 1897, S. 593.
[6]) A. a. O. 1897, S. 593.
[7]) A. a. O. 1895, S. 253.

Digitized by Google

Metall vor dem Zusatz der Entkohlungsmittel mit kieselsäurereichen Substanzen (Schlacke, Glas, Quarz, Feldspat) in einer Pfanne oder einem anderen passenden Gefäfs mischte und etwa eine Stunde lang stehen liefs, wodurch sich die gebildeten Oxyde grofsenteils verschlackten. Der Zusatz von Kohlungsmittel war dann entsprechend geringer (D. R. P. Nr. 52 848).

Alle die angeführten Verbesserungen und Verbesserungsvorschläge beziehen sich auf den Konverterprozefs im allgemeinen, dagegen sind für den basischen Prozefs, der von Jahr zu Jahr eine gröfsere Wichtigkeit erlangte, eine Reihe von besonderen Erfindungen zur Verbesserung desselben seit 1885 zu erwähnen. Sie beziehen sich zunächst auf die basische Ausfütterung. Grefsler in Düsseldorf empfahl 1885 die Herstellung basischer Ziegel aus Magnesiasulfat, statt aus Chlormagnesium. Einen ähnlichen Vorschlag hatte G. Eschellmann in Mannheim (D. R. P. Nr. 17 058) schon 1881 gemacht. W. F. Batho in Westminster wollte dem basischen Futter durch Draht, Bohrspäne und Blechschnitzel einen gröfseren Halt geben. In Österreich verwendete man vielfach gebrannten Kalk statt Dolomit zur Herstellung der basischen Konverterfutter, so z. B. zu Teplitz und Kladno. E. Bertrand zu Kladno nahm ein Patent auf Herstellung basischer Ziegel für Birnenfutter, das 1890 von der Pottstown Iron Company zu Pottstown, Pa., erworben wurde[1]). Sehr gut bewährten sich Futter aus gebranntem Magnesit vom Veitschthal in Steiermark. Dieser besteht in natürlichem Zustande aus 90 bis 96 Prozent kohlensaurer Magnesia, 0,5 bis 2 Prozent kohlensaurem Kalk, 3 bis 6 Prozent kohlensaurem Eisenoxydul, 0 bis 1 Prozent Kieselsäure und bis 0,5 Prozent Manganoxyd. Der Magnesit läfst sich leichter vollständig totbrennen als der Dolomit. Der steirische Magnesit frittet dabei vollständig zusammen[2]). Die gefrittete Masse wird gemahlen und dann zu Ziegel geformt.

Aufser dem Magnesit von Veitsch und dem von Euböa kam in Oberschlesien solcher von Frankenstein und in Schweden der bei Christiania gefundene zur Anwendung. Die Magnesitfutter sind den Dolomitfuttern vorzuziehen[3]), aber teurer.

Vygen & Co. zu Duisburg verarbeiten mit Erfolg den aus Abfalllaugen von Stafsfurt hergestellten Magnesit. Natürlich mufs

---

[1]) Siehe D. C. Bischof in Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1893, Nr. 3.

[2]) Eng. and Min. Journ. 1890, vol. 50, no. 11.

[3]) Siehe Wedding, Stahl und Eisen 1893, S. 279.

Digitized by Google

dem reinen Magnesit eine geringe Menge eines Sinterungsmittels, Kieselsäure, Thon oder Chlorcalcium zugesetzt werden. Der gebrannte Dolomit oder Magnesit wird entweder in Ziegelform verwendet, wobei man an einigen Orten nur den unteren Teil der Birne, soweit derselbe mit flüssigem Metall in Berührung kam, aus basischem Material herstellte, den oberen Teil, die Haube, dagegen mit gewöhnlichen feuerfesten Chamotteziegeln ausmauerte, oder die Masse wird, meist mit Thon gemischt, aufgestampft. Das Aufstampfen des Bodens erfolgte auf eisernen Platten mit Löchern, in welchen die Düsenkerne eingesetzt waren. Der Teerzusatz bei Dolomitziegeln betrug etwa 12 Prozent. Das Aufstampfen des Bodens geschah mit rotwarmen Stöfseln. Dabei kam das mechanische Stampfen mehr und mehr in Aufnahme. Bruno Versen in Dortmund konstruierte hierfür 1885 (verbessert 1891) einen Lufthammer[1]), der 500 bis 600 Schläge in der Minute machte. Er kam auf der Gutehoffnungshütte zu Oberhausen zuerst zur Anwendung.

In Peine hielt 1890 ein Boden 28 Hitzen, ein Futter 162 Hitzen aus; man machte 28 Hitzen in 12 Stunden.

Dem basischen Konverter gab man gröfseren Fassungsraum. In den Vereinigten Staaten bildeten 1888 schon 12- bis 15-Tonnen-Birnen die Regel. Diese bestanden nach Holleys Angabe aus vier Teilen, die folgende Abmessungen hatten: 1. das cylindrische Mittelstück aus Blech 2,5 m hoch und 2,2 m Durchmesser im Lichten, 2. der konische Oberteil, 2,18 m hoch mit 1.25 m Rüsselweite, 3. der einem Kegelstutz ähnliche Unterteil von 0,62 m Höhe; 4. der Windkasten von Stahlgufs, 0,35 m hoch und 1,6 m im Durchmesser, Gesamthöhe demnach 5,6 m, bei 2,2 m lichter Weite. Zur Ausfütterung wurde gebrannter Dolomit mit 12 Prozent Teer verwendet, welche Mischung mit rotwarmen Stöfseln aufgestampft wurde, während der in einem besonderen Raume getrocknete Boden mit einer hydraulischen Vorrichtung eingesetzt wurde. Eine solche Birne wog etwa 100 Tonnen.

In Deutschland, Belgien und Frankreich waren zu Anfang der neunziger Jahre 10-Tonnen-Konverter am häufigsten. Der durchschnittliche Gehalt von Phosphor, Silicium und Mangan auf einigen bekannten Thomaswerken von Westdeutschland und Belgien zeigt nachfolgende Zusammenstellung. Es enthielt das Thomasroheisen:

---

[1]) D. R. P. Nr. 30 634 und 56 181. Beschreibung und Abbildung in Stahl und Eisen 1892, S. 1089.

Digitized by Google

	Phosphor	Silicium	Mangan
Neunkirchen	2,5	0,5	2,0
Hayingen	3,2	1,5	1,2
Mont St. Martin. . . .	2,0	1,5	1,5
Althus	2,0	0,8	1,5
Rote Erde	2,0	1,2	1,5
Peine	3,0	0,1	2,8

Der Kalkzuschlag betrug meist 17 bis 20 Prozent, bei phosphorarmem Roheisen 12 bis 14 Prozent. Französische Werke setzten, um die Schlacke flüssiger zu machen, noch 1,5 Prozent Flufsspat zu.

Das Nachblasen geschah meist nach einer festgesetzten Hubzahl der Gebläsemaschine. Die Bestimmung der Nachblasezeit ist die wichtigste, aber auch schwierigste Aufgabe des Leiters des Thomasprozesses. Der richtige Moment der Entphosphorung giebt sich durch ein sichtbares, äufseres Merkmal nicht zu erkennen, er wird durch Schöpfproben, zu deren Entnahme das Blasen unterbrochen werden mufs, festgesetzt. Die sicherste Grundlage für die Kontrolle der Nachblasezeit bildet die chemische Analyse. Roheisen, Zwischenprodukt und Endprodukt müssen analytisch geprüft werden. Dies hat man in Deutschland längst erkannt und gethan und hierin liegt ein Hauptgrund der Überlegenheit des deutschen Thomasbetriebes und der gleichmäfsigen Güte des deutschen Thomaseisens, während man in England, wo man dies früher vernachlässigte, bis in die letzten Jahre über die Unzuverlässigkeit und Ungleichheit des Thomaseisens zu klagen hatte. Die Versuche, die Blasezeit aus dem Eisengehalte der Schlacke zu bestimmen [1]), haben sich auf die Dauer nicht bewährt. Es findet nach wie vor ein Überblasen statt, dessen üble Folgen durch Rückkohlung beseitigt werden müssen.

Zur Rückkohlung wendete man für gröfseren Kohlenstoffgehalt Spiegeleisen, für kleineren Ferromangan an. Im allgemeinen arbeitete man bei dem Thomasprozefs mehr auf kohlenarmes, weiches Material. Von den im Jahre 1885 erzeugten 945 317 Tonnen Thomasflufseisen hatten 600 183 Tonnen unter 0,18 Prozent Kohlenstoff. Auf den nordfranzösischen Thomaswerken unterschied man 1888 10 Härtegrade, nur zu Longwy 9. Als sehr wichtig erwies sich die richtige Temperatur des Bades, da davon die Qualität des Produktes abhängt. Die richtige Temperatur ist auch das wichtigste Mittel zur Erzielung

[1]) Stahl und Eisen 1896, S. 50 u. 125.

Digitized by Google

blasenfreier Güsse. Hierfür ist aufserdem längeres Stehenlassen des Metalles von Nutzen.

Das Thomasroheisen entwickelt nicht die gleiche Wärmemenge wie das Bessemereisen, weil 1 kg Silicium bei der Verbrennung nach Troost und Hautefeuille 7830, 1 kg Phosphor nach Dulong[1]) nur 5760 Wärmeeinheiten entwickelt. Für Mangan ermittelte Thomson die Verbrennungswärme von 1 kg Mangan, das zu Manganoxyd verbrennt, zu 2115 Kal.

Danach berechnet sich der kalorimetrische Wert von normalen Bessemer- und Thomaseinheiten von folgender Zusammensetzung:

	Bessemer-roheisen	Thomas-roheisen
Kohlenstoff	3,75	3,00
Silicium	2,30	0,50
Mangan	1,00	1,80
Phosphor	—	2,25
Schwefel	0,10	0,20
	7,35	7,75

bei vollkommener Verbrennung aller Nebenbestandteile auf 325,75 : 243,60 Kal.

Der Abbrand beim Thomasieren setzt sich zusammen aus den abgeschiedenen fremden Bestandteilen, dem oxydierten Eisen und dem mechanischen Auswurf aus der Birne. Ersterer ist abhängig von der Zusammensetzung des Roheisens; Eisen verbrennt beim Nachblasen, seine Menge ist also durch die Nachblasezeit und diese durch den Phosphorgehalt beeinflufst; der Auswurf aus der Birne läfst sich durch Gröfse und Gestalt derselben vermindern.

Die Schlacke wurde in der Regel vor dem Eintragen des Spiegeleisens oder des Ferromangans abgelassen. In Hörde gofs man die phosphorreiche Schlacke, die nach Scheiblers Verfahren verarbeitet wurde, erst für sich ab, später dann nach dem Aufgeben des letzten Zuschlagkalkes die phosphorärmere, welche man wieder in dem Hochofen mit durchschmolz.

Der Verlauf des Thomasprozesses, wie ihn Hilgenstock[2]) in Hörde 1886 durch Analysen feststellte, ergiebt sich aus den nach-

[1]) Siehe Poggendorffs Annalen, Bd. 45, S. 461. Troost und Silliman fanden nur 5745, Thomsen 5767 Kal.

[2]) Stahl und Eisen 1886, S. 525.

Digitized by Google

folgenden Zusammensetzungen des Eisens in den verschiedenen Stadien:

	Phosphor	Mangan	Silicium	Kohlenstoff	Schwefel
Roheisen	3,00	1,00	0,15	2,70	0,15
Nach der Entkohlung	1,50 / 2,00	0,200 / 0,300	0,01 / 0,02	0,10 / 0,15	0,10 / 0,12
Nach der Entphosphorung	0,05 / 0,07	0,07 / 0,25	0,008 / 0,010	0,06 / 0,14	0,08 / 0,09
Nach Zusatz v. Ferromangan	0,06 / 0,09	0,35 / 0,45	0,008 / 0,010	0,10 / 0,20	0,04 / 0,06

Im allgemeinen gilt der Grundsatz, dafs Thomasroheisen nicht unter 1,8 Prozent Phosphor und 1,5 Prozent Mangan und das erblasene Produkt nicht über 0,1 Prozent Phosphor enthalten soll.

Hierbei erfolgt die Oxydation und Abscheidung des Phosphors als dreibasisches phosphorsaures Eisenoxydul, welches durch Ätzkalk in Kalkphosphat übergeführt wird und zwar mufs sich zuletzt das durch metallisches Eisen nicht mehr zersetzbare vierbasische Kalkphosphat bilden. Gebildetes Eisenoxydul wird wieder reduciert; bei Gegenwart von 0,3 bis 0,5 Prozent Phosphor geht keine nennenswerte Menge von Eisen in die Schlacke. Hilgenstock sagt: es ist eine der grofsartigsten Reaktionen der Praxis, dafs in Massen von 10 Tonnen Roheisen der Gehalt an Phosphor und Behandlung von etwa 3 Tonnen Schlacken auf wenige Zehntel in wenigen Minuten heruntergeht, ohne in der Schlacke mehr als einige Prozent Eisenoxydul bestehen zu lassen. Hilgenstock fand deutliche Krystalle von vierbasischphosphorsaurem Kalk in der Thomasschlacke. Er legte denselben grofse Wichtigkeit bei und erklärte dies vierbasische Kalkphosphat für den Träger des Thomasprozesses. Finkener nahm dagegen an, dafs sich erst dreibasischer phosphorsaurer Kalk bilde, der dann durch Berührung mit einem Überschufs von Kalk vierbasisch werde. Der hohe Gehalt der Thomasschlacke an Phosphorsäure von 10 bis 20 Prozent regte bald nach der Einführung des basischen Prozesses die Frage der Verwendbarkeit derselben für die Landwirtschaft an.

Anfangs glaubte man dies nur durch chemische Behandlung der Schlacke, Aufschliefsen und Überführung der Phosphorsäure in wasserlösliches Superphosphat erreichen zu können, weil die ersten Versuche, die gepulverte Rohschlacke als Düngemittel zu verwenden, angeblich wegen des Gehaltes an Eisen- und Manganoxydul und an

Digitized by Google

Schwefelverbindungen, keine günstigen Resultate ergeben hatten. Als Aufschliefsungsmittel für die Thomasschlacke bewährte sich Salzsäure am besten. Thomas und Gilchrist empfahlen schon 1881 (D. R. P. Nr. 13 554) Aufschliefsen mit Salzsäure, Fällen als phosphorsauren Kalk, und Verschmelzen dieses Niederschlages mit Gipspulver zur Verwendung als Düngestoff. Georg Rocour empfahl 1883 reducierendes Schmelzen der Schlacke mit Eisen in einem Schachtofen und Behandlung des angereicherten Lechs von Phosphoreisen.

Eine gröfsere praktische Bedeutung erlangte seit 1883 das Verfahren von Professor C. Scheibler (D. R. P. Nr. 25020 und Nr. 34416), welches in Hörde ausgeführt wurde. Er verarbeitete nur die phosphorreichste Schlacke, welche durch ein fraktioniertes Verfahren, d. h. durch Abgiefsen vor dem letzten Kalkzusatz und vor Beendigung der Entphosphorung, erhalten wurde. Diese Schlacke wird dann einer oxydierenden Röstung unterworfen und hierauf der Einwirkung von Wasserdampf ausgesetzt, wodurch sie unter Bildung von Kalkhydrat zerfällt. Letzteres wird mit Wasser abgeschlämmt und dann die Phosphorsäure mit verdünnter Salzsäure gelöst. Aus dieser Lösung wird die Phosphorsäure mit Kalkmilch ausgefällt. Das Kalkphosphat kann direkt als Dünger verwendet oder zuvor durch Schwefelsäure in Superphosphat übergeführt werden. Diese Phosphatfabrikation kam zu Schalke in Westfalen und zu Stolberg zur Ausführung.

Das Scheiblersche Verfahren ist aber nicht nur wegen der Gewinnung phosphorreicher Düngemittel aus Thomasschlacke von besonderem Interesse, sondern es ist auch unter gewissen Umständen als eine Verbesserung des Thomasprozesses anzusehen. Durch das Abgiefsen der phosphorsäurereichen Schlacke vor Beendigung des Nachblasens wird der Kalkzuschlag auf etwa zwei Drittel verringert. Damit steht in Verbindung eine Verminderung des Abbrandes und die Möglichkeit gröfserer Einsätze. Hierdurch und durch Verringerung der Blasezeit wird auch der Zeitverlust, der durch die Unterbrechung des Betriebes beim Abgiefsen der ersten Schlacke entsteht, wenigstens zum Teil wieder eingebracht[1]).

Dr. Frank, Charlottenburg, bewirkte die Aufschliefsung der Thomasschlacke durch Chlormagnesium, um phosphorsaure Ammoniak-Magnesia als Schlufsprodukt zu erhalten (D. R. P. Nr. 27 106).

Blum zu Esch wollte die Phosphorsäure in wasserlösliches, basisches Natronsalz verwandeln, durch Zusatz von calcinierter Soda

[1]) Vergl. Stahl und Eisen 1894, S. 1097.

Digitized by Google

anstatt Kalk beim Thomasprozeſs. Schüchtermann (1884) behandelt die gepulverte, mit Chlorcalcium gemischte Schlacke mit glühendem Wasserdampf, wodurch Kalkphosphat gebildet wird.

Inzwischen waren die Versuche der direkten Verwendung der Thomasschlacke als Düngemittel fortgesetzt worden und hatte man durch sehr feines Mahlen derselben günstige Resultate erzielt. Besonders war dies 1885 Hoyersmann zu Hoheneggelsen bei Peine gelungen. In der Folge beuteten besonders H. und E. Albert in Biebrich dieses Verfahren aus.

Pieper und Wagner wiesen durch Versuche nach, daſs Thomasschlackenmehl das Superphosphat schon im ersten Jahre, sicher aber in seiner Nachwirkung ersetzen könne, besonders bei kalkarmem Sand- und Lehmboden.

Seitdem kam die Verwendung der gemahlenen Thomasschlacke als Düngemittel bei der Landwirtschaft in immer allgemeinere Aufnahme. Die Mahlmühlen wurden verbessert, besonders 1886 durch die Hartguſswalzen mit nachgiebigen Walzenstühlen von Nagel und Kamp in Hamburg und 1889 durch die Kugelmühlen von Gebr. Sachsenberg zu Roſslau an der Elbe, von Gruson in Buckau, von Löhnert in Bromberg und von Jenisch.

Ein Preis von 10000 Mark, den Gebr. Stumm zu Neunkirchen 1889 für das beste Verfahren des staubfreien Mahlens der Thomasschlacke ausgesetzt hatten, wurde zwischen G. F. Zimmer in London und Gebr. Sachsenberg geteilt. Ferner wurden verbesserte Staubfilter erfunden z. B. von Fr. Pelzer in Dortmund, R. Schäffer in Kassel, Fr. Hausloh in Hamburg und anderen. Dr. Fleischer gab ein Normalsieb an zur Bestimmung des Gehaltes an Feinmehl.

Den Thomaswerken erwuchs durch die wachsende Nachfrage und die steigenden Preise für ihre Schlacken ein beträchtlicher Nebengewinn. Nach Prof. Märcker in Halle[1]) produciert Deutschland (1895) 12 bis 15 Millionen Zentner Thomasphosphatmehl jährlich[2]). Die durchschnittliche Zusammensetzung giebt er zu 17,5 Phosphorsäure, 48,5 Kalk, 5,0 Magnesia, 8,0 Kieselsäure und 15,2 Eisenoxyd an. Um die Anwendung und Wertbestimmung der Thomasschlacke als Düngemittel hat sich Professor Wagner in Darmstadt groſse Verdienste erworben. Auf seinen Vorschlag hin wurde seit dem 1. Juli 1895 die Citratlöslichkeit als Wertmesser des Thomasphosphatmehles neben dem gesamten Phosphatsäuregehalt in Deutschland eingeführt.

---

[1]) Stahl und Eisen 1895, S. 290.

[2]) Kitson gab schon 1888 den Gesamtverbrauch auf 600000 Tonnen an.

Digitized by Google

Welchen grofsartigen Umfang die Thomasstahlerzeugung von 1879 bis 1892 angenommen hat, ist aus der S. 309 mitgeteilten Zusammenstellung von Percy G. Gilchrist[1]) ersichtlich.

Aus dieser Übersicht erhellt auch, welchen hervorragenden Anteil Deutschland an der Entwickelung des Thomasprozesses genommen hat, dessen Produktion 1892 fast 63 Prozent der Gesamterzeugung der Welt betrug.

1896 war die Erzeugung von Thomasflufseisen in Deutschland bereits auf 3 004 615 Tonnen gestiegen.

Betrachtet man die neuesten Fortschritte des Bessemerns, ob sauer oder basisch, so bewegten sie sich vornehmlich in der Vervollkommnung der Betriebseinrichtungen zur Erzielung gröfserer Leistungen. Dies wirkte wieder zurück auf die Apparate und benutzt man gegenwärtig bereits Birnen von 50 Tonnen Fassungsraum.

Fortschritte der Herdflufsstahlbereitung seit 1870.

Auf die Entwickelung der Flufsstahlbereitung in Flammöfen oder des Martinverfahrens (Siemens-Martin- oder Open-Hearth-Prozefs) hat die Erfindung von Thomas und Gilchrist ebenfalls einen grofsen Einflufs ausgeübt.

In den siebziger Jahren kannte man nur das Schmelzen auf saurem Herde, das Martinieren. Hierfür konnte, wie bei dem Bessemern, nur phosphor- und schwefelfreies Eisen verwendet werden, weil bei dem Prozefs Schwefel wenig, Phosphor gar nicht abgeschieden wurde. Dies beschränkte und verteuerte diese Fabrikation. Infolgedessen entwickelte sie sich in diesem Jahrzehnt weit langsamer als in dem folgenden nach Einführung des basischen Verfahrens. Leider ist die Statistik hierüber lückenhaft. Nur für England, die Vereinigten Staaten, Österreich-Ungarn und Schweden liegen Angaben über die jährliche Erzeugung von Flammofenflufseisen oder Martinstahl vor. Die anderen Länder, namentlich auch Deutschland, entbehren einer Statistik der verschiedenen Flufseisen- und Stahlsorten in früherer Zeit gänzlich.

Nachfolgende Zusammenstellung zeigt die Zunahme der Martinstahlerzeugung in den erstgenannten Ländern von 1870 bis 1879 in Kilotonnen.

---

[1]) Stahl und Eisen 1893, Nr. 11, S. 453 und 1897, S. 352.

Digitized by Google

Jahr	Grofs-britannien	Österreich-Ungarn	Schweden	Vereinigte Staaten von Amerika
1870	11	0,3	—	1,4
1871	27	5 (?)	—	1,9
1872	42	9,7 (?)	—	2,7
1873	77,5	3,8 (?)	—	3,2
1874	90,5	3,4	—	6,4
1875	88	3,5	—	8,2
1876	123	14,6	3,6	10,5
1877	137	13,9	3,6	22,6
1878	175,5	25,9	3,6	32,6
1879	175	34,2	9,0	50,9

Wir ersehen aus vorstehenden Ziffern, dafs sich das Verfahren von Jahr zu Jahr ausbreitete. Der saure Herdboden bedingte es, dafs man mehr auf ein hartes, stahlartiges Produkt hinarbeitete. Die Erzeugung eines weichen Materiales gelang nicht. Das Martinieren stellt sich in dieser Periode nur als einfacher Mischprozess (nach Kuppelwieser) oder als Reaktionsprozefs (nach Gruner) dar, indem man die Qualität nur durch Mischung des Roheisens und der Stahl- und Eisenabfälle nach ihrem Kohlenstoffgehalte erstrebte. Eine Reaktion trat hierbei nur insofern ein, als der Kohlenstoff des Roheisens cementierend auf das Schmiedeeisen wirkte. Dieses war das sogenannte Schrottverfahren; daneben bestand das „Erz-Reduktionsverfahren“ oder der Erzstahlprozefs von Siemens[1]), bei welchem nur Roheisen und mehr oder weniger reducierte Erze zur Anwendung kamen; man nannte es gewöhnlich den Landoreprozefs nach dem Orte, wo es zuerst mit Erfolg in grofsem Mafsstabe ausgeführt wurde. Dafs dies das besondere Verdienst von William C. Siemens war, wurde früher schon hervorgehoben.

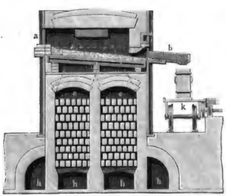
Verbesserungen suchte man, aufser in den Feuerungsanlagen selbst, hauptsächlich in der Konstruktion der Flammöfen und der Regeneratoren. Bei der älteren Form von Martin waren die stehenden Regeneratoren paarweise der Länge nach in der Hüttensohle unter dem Flammofen angebracht (siehe Fig. 278, 279 a. f. S.). Die Regeneratoren lagen also ganz unter dem Schmelzofen und waren deshalb schwer zugänglich. Später legte man vier Regeneratoren quer zum Ofen nebeneinander und zwar so, dafs die beiden gröfseren Luftregeneratoren in der Mitte,

[1]) Vergl. S. 93 und S. 565. C. W. Siemens, Über Gewinnung von Eisen und Stahl, Berlin 1874.

Digitized by Google

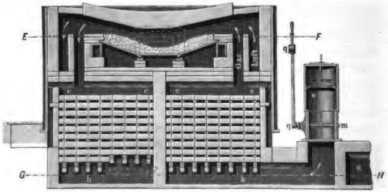
die kleineren Gasregeneratoren seitlich lagen, wie es Fig. 280[1]) zeigt. Ein noch entschiedenerer Fortschritt bestand darin, dafs man (um 1874) die Regeneratoren nicht unter, sondern neben die Schmelzöfen, doch noch unter die Hüttensohle, legte, wodurch die Gefahr der Zerstörung durch durchbrechendes flüssiges Eisen vermieden wurde.

Fig. 278.



Eine andere Verbesserung bestand darin, dafs man Gas und Luft nicht mehr wie früher durch breite Züge an den beiden Schmalseiten des Ofens einströmen liefs, sondern durch abwechselnde schlitzförmige Kanäle *G* und *L* (Fig. 280), wodurch eine bessere Mischung und Verbrennung bewirkt wurde. Dagegen behielt man die von Martin angegebene Konstruktion des Ofengewölbes, wonach dasselbe in der Mitte ein-

Fig. 279.

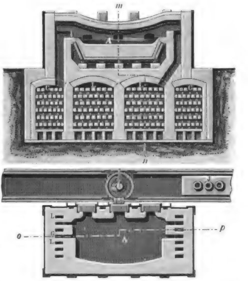


gesattelt, der Zug der Gase also auf den Herd niedergezogen war, bei, weil man der irrigen Meinung war, hierdurch den Schmelzherd mehr zu erwärmen. Auch im übrigen hielt man an dem von

[1]) Wedding, Handbuch der Eisenhüttenkunde, Abt. III, S. 540, Fig. 156.

den Gebr. Martin angewendeten Flammofen fest, nur zu St. Chamond in Frankreich wendete man seit 1874 den von Charles Pernot erfundenen drehbaren Tellerofen (Engl. Pat. von J. H. Johnson vom 16. April 1874, Nr. 1317) an. Die Gröfse der Schmelzöfen hielt sich bis 1875 noch in ziemlich engen Grenzen. Allerdings war bereits ein Ofen für 12 Tonnen Einsatz erbaut worden, die meisten Anlagen hatten aber Öfen für $1^1/_2$ bis $6^1/_2$ Tonnen; so waren die Öfen zu Sireuil für $1^1/_2$ bis $2^1/_2$, die zu Firminy für 3 bis $3^1/_2$, zu Terre-Noire für 5, zu Creuzot für 3,35, 6,30 bis 6,35, die der österreichischen Hütten für 3, die der rheinisch-westfälischen für 3 bis 4 Tonnen Einsatz erbaut.

Fig. 280.



Die Herdsohle wurde aus wenig thonhaltigem Quarzsand aufgestampft, der z. B. in Österreich aus einem Gemenge von 4 bis 9 Tl. Quarzsand mit 1 Tl. feuerfestem Thon hergestellt wurde [1]).

Die Gewölbe wurden aus Dinasziegeln gemauert, dennoch hielten sie in der Regel nur $1^1/_2$ Monate. Um die Unterbrechung bei der Reparatur oder Erneuerung des Gewölbes abzukürzen und den Ofen nicht ganz kalt werden zu lassen, füllte man vielfach nach Abbruch des Gewölbes den Ofen bis zu den Widerlagern mit Ziegelbrocken und mauerte dann rasch das Gewölbe darüber [2]).

Der Prozefs selbst wurde um 1874 in der Regel so geführt, dafs man das vorgewärmte, glühende Roheisen in Brockenform mit einer an einem Kran hängenden Schaufel einwarf und bei geschlossenen Thüren einschmolz. Nach dem Einschmelzen wurde der Herdboden mit einer Kratze untersucht und gereinigt und dabei das Eisenbad

[1]) Kuppelwieser im Österr. Jahrb. Bd. XX, S. 389.

[2]) Revue universelle, 15 ann., t. 28, p. 181.

Digitized by Google

umgerührt. Die Schlacke mufste das Metall bedecken, sonst mufsten schlackenbildende Abfälle, z. B. Gufsstahltiegelscherben, aufgegeben werden. Jetzt steigerte man die Hitze auf den höchsten Punkt und trug dann die vorgewärmten Stahlabfälle ein; waren diese in der Masse gelöst, so warf man die ebenfalls vorgewärmten Schmiedeeisenabfälle ein. Die Einsätze der Abfälle geschahen meist in Posten von 50 kg Gewicht und wurden nach jedem Zusatz mit Holzstangen, wofür man meist Birkenstämmchen verwendete, umgerührt. Alle 20 bis 30 Minuten erfolgte dann ein neuer Zusatz. Man trieb die Entkohlung weiter als dem Schlufsprodukt entsprach und bewirkte dann durch Zusatz von Spiegeleisen oder von Ferromangan, je nachdem man härteres oder weicheres Material erstrebte, eine entsprechende Rückkohlung. Die gebildete Schlacke mufste hellfarbig, grau oder gelblich sein. Schwarze Schlacke, die auf zu niedrige Temperatur deutete, mufste sofort abgezogen und die Hitze gesteigert werden. Die Schlacke wurde meist nach dem Umrühren abgezogen und dann Probe genommen. Die Proben bestanden in Bruch- und Schmiedeproben. Das fertige Flufsmetall wurde in eine, in der vor dem Ofen befindlichen Giefsgrube stehende Giefspfanne abgestochen. Die Pfanne wurde mittels Krans gehoben, den Blockformen oder den Gufsformen zugeführt und in diese entleert. Die Operation dauerte an sieben Stunden, so dafs einschliefslich der Reparaturen drei Chargen in 24 Stunden gemacht wurden.

Das angewandte Roheisen sollte möglichst frei von Schwefel und Phosphor sein und den Kohlenstoff in gebundenem Zustande enthalten. Ein Siliciumgehalt war erwünscht zum Schutze des Kohlenstoffs. Man verwendete weifses, halbiertes und gefeintes Roheisen. Wendete man graues Roheisen an, so mufste dies reich an Silicium sein und durch das Umschmelzen erst in gefeintes Eisen übergeführt werden. Auch die Zusätze sollten frei von Schwefel und Phosphor sein. Wedding sagte deshalb 1875[1]): „Der ganze Flufsstahlprozefs ist von der Beschaffenheit der Stahl- und Schmiedeeisenzusätze abhängig. Er wird da gewöhnlich unrentabel, wo man dies Material erst absichtlich durch irgend einen der Frischprozesse herstellen mufs, ist dagegen überall da mit grofsem Vorteil zu verwenden, wo diese Materialien als ein Abgang, der sich schwer anderweitig verwerten läfst, in hinreichender Menge erzeugt werden.“ Doch führt er selbst das Borsigwerk als ein Beispiel dafür an, dafs man auch

[1]) Wedding, a. a. O. III, S. 546.

Digitized by Google

zuweilen erst gepuddelte Rohschienen für den Martinprozefs eigens und mit Vorteil darstelle.

Was das Gewicht des Roheisens und der Abfälle betraf, so hielt man sich im allgemeinen an die Angaben Martins, doch schwankte der Roheiseneinsatz von 150 bis 1200 kg. Die Einsätze der Abfälle waren im Verhältnis zu dem Roheisen damals noch nicht so hoch wie später. Aus den angeführten Beispielen stellen wir nachfolgende zusammen.

Hütte	Einsatz kg	Auf 100 kg Roheisen wurden aufgegeben:			Bemerkungen
		Stahlabfälle kg	Schmiedeeisen kg	Spiegeleisen kg	
Sireuil	2150	—	200	25	für Gewehrläufe
Creuzot	6320	130	280	25	—
St. Chammond	1060	240	—	28,4	im Pernotofen für Schienen
Dowlais	5538	466 (Schienenenden)	100 (scraps)	60	—
Neuberg	3360	280		20	—
Lesjöfors	1275	25	100	20	—

Im Verhältnis zum Bessemerkonverter erzeugten 16 Flammöfen im Jahr etwa die gleiche Menge Flufsstahl wie ein Konverter mittlerer Gröfse.

Das Produkt war meist stahlartig. Nach einer Analyse von Lill[1]) hatte ein Martinstahl von Neuberg 1873 folgende Zusammensetzung: Kohlenstoff 0,687, Silicium 0,046, Phosphor 0,036, Schwefel 0,008, Kupfer 0,404, Mangan 0,119, Eisen 98,700. Für Kesselbleche erzeugte man auf dem Stahlwerke Trenton in New Jersey Offenen-Herd-Stahl von nur 0,120 Kohlenstoffgehalt.

Bis 1875 wurde fast aller Martinstahl für die Schienenfabrikation verwendet, durch die Verwendung des Ferromangans zur Rückkohlung lernte man verschiedene Sorten herstellen und die Produktion zu steigern.

Über die chemischen Veränderungen des Eisens bei dem Schmelzen auf saurem Herde hat Kollmann 1879 Untersuchungen zu Gutehoffnungshütte angestellt und veröffentlicht[2]). Desgleichen in dem-

[1]) Siehe Österreich. Jahrbuch XXI.

[2]) Verhandl. des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleifses 1880, S. 221; Ledebur, Handbuch der Eisenhüttenkunde 1894, S. 961.

Digitized by Google

selben Jahre Finkener über die Zusammensetzung der Schlacken einer Charge auf den rheinischen Stahlwerken in verschiedenen Zeiträumen [1]).

Der Flammofenflufsstahl war, weil man ihn im Herd vor dem Abstich längere Zeit stehen lassen konnte, blasenfreier als der Konverterstahl, deshalb für Stahlgufswaren geeigneter. Dennoch dauerte es ziemlich lange, bis man den Martinstahl zur direkten Herstellung von Gufswaren verwendete. In Schweden begann man damit zu Bofors 1878, doch erlangte die Fabrikation erst im Jahre 1880 eine Bedeutung.

Versuche, den Martinprozefs durch Ein- oder Aufblasen von künstlichem Wind, die von Würtemberger in Ruhrort, Hamilton in England, Krupp in Essen (1877) und von Lencauchez in Frankreich (1879 im Forno-Convertiseur) gemacht worden waren, zu beschleunigen, hatten keinen Erfolg [2]). Dasselbe gilt von den Vorschlägen von Osann, Hamilton (1877) und Krupp (1878), durch Einblasen von Generator- oder Leuchtgas das Verfahren und das Produkt zu verbessern.

Auch der Roheisen-Erzprozefs (Landoreprozefs) von W. Siemens liefs sich mit Vorteil nur unter Zusatz von Schrott durchführen; so bestand 1876 die normale Zusammensetzung einer Charge aus 6 Tonnen Roheisen, 1250 kg Stahlabfällen und 1000 bis 1200 kg Moktaerzen (Roteisenstein von Algier).

Als 1879 die Erfindung der Entphosphorung des Roheisens durch das basische Futter des Konverters bekannt wurde, lag der Gedanke, dasselbe auch im Flammofen zu versuchen, sehr nahe, und wurden die ersten Versuche damit bereits 1879 gemacht. Es geschah dies zuerst in Frankreich zu Creuzot und Terre-Noire, wo man den Herdboden aus Dolomit und Teer als Bindemittel herstellte. Da sich das Gewölbe aus diesem Material nicht herstellen liefs, so machte man dieses wie seither aus Dinassteinen, welche aber bei der hohen Temperatur in Berührung mit dem basischen Material sofort mit diesem zusammenschmolzen. Man versuchte nun einen neutralen Körper zwischen dem basischen und dem sauren Ofenmaterial einzuschalten. Versuche mit Bauxit und Graphit hatten keinen dauernden Erfolg. Dagegen gelang es Pourcel 1879 zu Terre-Noire, im Chromeisenstein ein sehr geeignetes Isolierungsmittel zu entdecken. Man

[1]) Mitteilungen der Königl. techn. Versuchsanstalt zu Berlin 1883, S. 31; Ledebur, Handbuch, S. 935.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1890, S. 11.

Digitized by Google

wendete zu Terre-Noire das Chromeisenerz aber nicht nur als Zwischenschicht zwischen dem basischen Herd und dem sauren Gewölbe an, sondern stellte den ganzen Herd aus diesem Material her, weil man sich von diesem neutralen Herdboden, der sich als haltbar erwies, den allerbesten Erfolg versprach. Auch wurde dieses Verfahren alsbald in den Stahlhütten zu Bessèges und Tamaris angewendet. In grofsem Mafsstabe führten es dann Valton und de Boissieu auf den Alexandrowski-Stahlwerken bei St. Petersburg ein. Die Chromeisenerze von Griechenland, Kleinasien und Schweden bewährten sich am besten. Man konnte auf dem Chromeisenerzherde alle Varietäten von Flufseisen machen, so z. B. zu Tamaris ein weiches Material. Auch war das erzeugte Metall gleichmäfsig und fest. Dieses Verfahren kam dann in Frankreich auch zu Commercy, Blagny und Morvillars zur Anwendung. Es erwies sich als vorteilhaft, dem Chromerz etwas gebrannten Kalk und Teer beizumischen. Indessen war das Verfahren kostspielig durch den Verbrauch von Chromeisenerz.

Zu Creuzot setzte man 1880 die Versuche mit dem basischen Herdmaterial fort und gelangte mit Magnesiaböden zu guten Ergebnissen. In England hatte Gillot auf dem Farnley-Stahlwerk bei Leeds 1882 zuerst Erfolg mit nach dem Thomasverfahren hergestellten basischen Herdböden[1]), dagegen fielen Versuche mit basischem Futter auf den Blochairn-Werken in Schottland ungünstig aus.

In Hörde und auf den rheinischen Stahlwerken bei Ruhrort leitete man 1880 in das auf basischem Herd geschmolzene Roheisen Gebläsewind ein, um die Gare zu beschleunigen (D. R. P. Nr. 11389 und 11390).

Die Entphosphorung ging bei dem basischen Verfahren leicht von statten. Man war dadurch imstande, phosphorhaltige, geringwertigere Eisensorten zu verarbeiten, wodurch das Verfahren verbilligt wurde. Aufserdem erzielte man bei dem basischen Verfahren mit Leichtigkeit ein kohlenarmes, weiches Flufseisen, welches geeignet war, das Frisch- und Puddeleisen zu ersetzen. Infolgedessen breitete sich der basische Martinprozefs rasch aus und nahm die Erzeugung und Verwendung des Flammofenflufsstahls seit 1880 fortwährend und rasch zu, wie aus nachfolgender Zusammenstellung für Grofs-Britannien, Deutschland, Österreich-Ungarn, Schweden und die Vereinigten Staaten von Amerika sich ergiebt.

[1]) Siehe Engin. and Mining Journ. 38, Nr. 16; Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1885, S. 131.

Digitized by Google

Erzeugung von Flammofenflufsstahl in Kilotonnen.

Jahr	Grofs-Britannien	Deutschland[1])	Österreich-Ungarn	Schweden	Vereinigte Staaten von Amerika
1880	255	36	28,5	9,1	102,2
1881	343	188	39,8	8,4	133,3
1882	443	153	48,0	15,8	145,1
1883	456	326	59,6	15,4	121,5
1884	475	313	52,4	24	119,6
1885	593	276	52,4	29,4	135,2
1886	705	211	43,0	34,3	222,8
1887	997	225	66,0	41,9	326,6
1888	1314	409	104,5	45,0	319,3
1889	1429	465	142,1	55,5	380,0
1890	1564	388	211,9	73,0	521,5

Im Jahre 1890 betrug die Produktion von Frankreich 251,6 kt und von Rufsland 168,6 kt.

Es dauerte nicht lange, bis man es lernte, die Herdmasse ebenso wie das Futter der Thomasbirnen aus scharf gebranntem Dolomit oder Magnesit herzustellen. Dolomit wurde mit Teer angemacht und 0,30 bis 0,45 m dick mit heifsen Eisenstampfern aufgestampft. Den Herd hielt man flach bis 0,50 m tief. Da bei dem basischen Betriebe Kalk und öfter auch Eisenerz zugesetzt wurde, so war die Schlackenmenge gröfser; infolgedessen mufste man den Herd entsprechend gröfser machen. Während man bei saurem Betriebe den Fassungsraum höchstens um ein Drittel gröfser machte, als dem Volumen des geschmolzenen Metalles entsprach, bemafs man denselben für basischen Betrieb auf zwei Drittel. Der basische Betrieb führte bald zu gröfseren Öfen von 8 bis 15 Tonnen Einsatz.

Die Wärmespeicher neben die Öfen über die Hüttensohle zu legen, empfahl Const. Steffen 1880, sodann Frank, Wesley, besonders aber James Riley und Dick in Glasgow, welche cylindrische Wärmespeicher einführten und sich entsprechende Konstruktionen patentieren liefsen und ausführten[2]).

Zum Umstellen der Regeneratoren wendete man eine Glockensteuerung an, welche schon vorher bei den Glasschmelzöfen in Frankreich in Aufnahme gekommen war. Die Siemens-Martinöfen waren

[1]) Zahlen für Deutschland berechnet, deshalb zweifelhaft.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1884, S. 718.

Digitized by Google

in der Regel Zugöfen, nur hier und da, z. B. in Schweden, wurden sie als Gebläseöfen behandelt.

Der Betrieb bei basischem Herde gestaltete sich etwas abweichend. Zunächst brachte man Zuschlagskalk roh oder gebrannt auf den Herd. Die Menge betrug 6 bis 12 Prozent vom Eiseneinsatz. Dann setzte man das Roheisen und meist auch gleichzeitig schon das Schmiedeeisen ein. Nach beendigtem Einschmelzen warf man meist reine oxydische Eisenerze — Magnetit oder Hämatit — ein, um die Entkohlung zu beschleunigen. Sobald das Aufkochen beendet und die Masse gut durchgerührt war, wurde mit einem Schöpflöffel Probe genommen. An manchen Orten arbeitete man mit gröfseren Erzmengen, bis zu 20 Prozent, von denen man einen Teil schon mit dem Roheisen einsetzte. Stieg der Erzverbrauch über 20 Prozent, so näherte sich der Prozefs schon dem Siemensschen Erzstahlprozefs. Wo man mehr Erz verarbeitete, schmolz man weniger Schmiedeeisen ein. Meist erhöhte man aber den Schmiedeeisensatz im Verhältnis zum Roheisensatz erheblich. So chargierte man 1889 zu Witten für Kanonenmetall 2000 kg Roheisen, 11 000 kg eigenen und schwedischen Schrott und 300 kg Erz. Zu Dillingen bestand der Satz aus 20 Prozent Roheisen und 80 Prozent Schrott, wozu man nach dem Einschmelzen etwas Somorostroerz aufgab. Der hieraus erzeugte Stahl für Compound-Panzerplatten enthielt 0,58 bis 0,78 Prozent Kohlenstoff, über 1 Prozent Mangan und unter 0,1 Prozent Phosphor. Zu Seraing setzte man für Schienen auf 1000 kg Roheisen 14 000 kg Schrott; in Dortmund für weichen Stahl 20 Prozent Roheisen, für Schienen 9 bis 10 Prozent.

Zur Herstellung von Gufswaren setzte man vor dem Giefsen meist etwas Ferromangan zu. Die Arbeit im basischen Herde bildete sich allmählich zu einem förmlichen Frischprozefs aus, besonders an Orten, wo es an Schmiedeeisenabfällen fehlte, indem die Entkohlung des Roheisens nicht sowohl durch Zusatz oxydischer Erze, sondern auch durch den zugeführten Luftstrom bewirkt wurde.

Infolgedessen wurde das Verfahren immer mannigfaltiger, indem man es den örtlichen Verhältnissen anpafste und dafs dies so gut möglich war, verschaffte dem Flammofenbetriebe immer gröfsere Verbreitung.

Dagegen nahm das Landoreverfahren, welches von der Landore Steel Company und von Vickers Sons & Co. in Sheffield betrieben wurde, trotz der gröfsten Anstrengungen von W. Siemens keinen rechten Fortgang. Der Zusatz reiner oxydischer Erze zu dem ein-

Digitized by Google

geschmolzenen Hämatitroheisen betrug 30 Prozent; das Endprodukt enthielt 1 Prozent Kohlenstoff. Es war nicht gelungen, den Betrieb ohne Schrottzusatz zu führen. 1880 bestand die Mischung zu Landore aus 70 Prozent Roheisen, 22 Prozent Stahlabfällen und 8 Prozent Spiegelerzen. Näher dem reinen Roheisenerzprozefs kam um diese Zeit Dowlais, wo die Charge aus 6,5 Tonnen Roheisen mit 5 Prozent Stahlabfällen und 1800 kg Erz bestand. Der billigeren Beschickung stand ein höherer Kohlenverbrauch gegenüber. Derselbe betrug zu Landore 820 kg auf 1000 kg Flufseisen beim Erzprozefs, gegen 500 kg beim Schrottprozefs.

Wir wollen nun die Fortschritte des Martinprozesses seit 1885 in chronologischer Folge kurz vorführen.

Nachdem besonders F. W. Dick[1]) die Vorzüge vertikaler Regeneratoren neben den Flammöfen über der Hüttensohle klar auseinandergesetzt hatte, fand dieses System bald Anhänger. So empfahl es z. B. Const. Steffen[2]) in Luxemburg in seinem Entwurf einer Martinanlage 1885, in dem die neuesten Verbesserungen berücksichtigt waren. Er riet zu ovalen Herden mit freiliegenden Wärmespeichern, Glockensteuerung und Gaserzeuger von Gröbe-Lürmann mit Vergasung durch geprefsten Wind, nicht zu sehr niedergezogenes Gewölbe und Auskleidung des Herdes mit Chromeisenerz nach Valton und Remaury anstatt mit Dinas. Batho legte die Regeneratoren neben den Schmelzofen und führte die Trennung der Eintrittskanäle von dem Herdraum durch runde, mit Eisenblech umkleidete Schmelzöfen, und ebenso gemantelte, daneben stehende Regeneratoren hatten Batho und Dick & Riley in England eingeführt, und diese sogenannten Bathoöfen, die eine gewisse Ähnlichkeit mit den Hochöfen mit Blechmänteln und den daneben stehenden Cowperapparaten hatten, fanden Beifall. Öfen mit hohen Gewölben hatte C. A. Rettig 1884 für Holzfeuerung zu Kilafors in Schweden gebaut.

Otto Wuth in Pittsburg schmolz phosphorfreies Schmiedeeisen in Stücken mit Graphit geschichtet im sauren Martinofen ein und setzte vor dem Abstechen kleine Mengen von Spiegeleisen und Ferromangan zu.

Zu Bofors in Schweden stellte man an Stelle der gehämmerten Gufsstahlkanonen nicht gehämmerte Kanonen aus Martinstahl nach dem Verfahren von Terre-noire her, die sich bewährten. Man nahm

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1884, S. 718.

[2]) Daselbst 1885, S. 382, Taf. XVII bis XIX.

Digitized by Google

dazu nur ausgesuchte Materialien, Holzkohlenroheisen und weiches, im Lankashire-Herd sorgfältig gefrischtes Schmiedeeisen. Die Siemensgeneratoren wurden mit Holz gefeuert. Zur Erzielung von blasenfreiem Gufs wurde Eisenmangansilicid zugesetzt. Die Beschickung bestand aus 26 Prozent bestem Roheisen, 63 Prozent Schmiedeeisenschrott, 6 Prozent Spiegeleisen von 12 Prozent Mangangehalt und 5 Prozent Eisenmangansilicid [1]).

In England war zu Anfang des Jahres 1885 die Brymbo Basic Steel Company zu Wresham in Wales die einzige Gesellschaft, die nach dem basischen Verfahren im Flammofen entphosphorte. Der Dolomit für die Herde wurde mit grofsen Kosten von Middlesborough bezogen, die Seitenwände wurden aus Chromeisenerz von Smyrna hergestellt. Das verarbeitete Roheisen enthielt 3,32 Prozent Phosphor. Man setzte 20 Prozent Kalk und 15 Prozent Erz zu und trug zum Schlufs noch etwas 80prozentiges Ferromangan ein. Das Produkt enthielt nur noch 0,04 Prozent Phosphor. — Zu Alexandrowsky machte man die basischen Herdböden ebenfalls aus gebranntem Dolomit, während sie zu Dombrowa aus gebranntem steirischem Magnesit hergestellt wurden.

Magnesit wurde in Frankreich bereits mehrfach angewendet. Ch. Walrand empfahl solchen von Euböa, Schlesien (Frankenstein) und Steiermark (Bruck, Mittendorf). In Deutschland fand der Magnesit noch wenig Anwendung.

1886 nahm der basische Betrieb bedeutend zu, indem man erkannte, wie leicht die Metalloide des Roheisens sich auf dem basischen Herde abscheiden liefsen und welch gutes, leicht schweifsbares weiches Material dabei erzeugt werden konnte.

Ch. Walrand zu Paris veröffentlichte eine Studie, in der er für die Entphosphorung im Flammofen die Magnesiaböden besonders empfahl. Er zog aus Ziegel gemauerte Böden den gestampften vor, weil sie widerstandsfähiger seien. Pernots Ofen habe sich für den basischen Prozefs nicht überall bewährt, er gäbe Martinöfen, bei denen die Regeneratoren unter den Öfen senkrecht zur Achse angebracht sind, den Vorzug. Der 30 bis 35 cm dicke Herdboden müsse unabhängig vom Mauerwerk des Ofens sein. Er chargierte 450 kg Roheisen, 4450 kg Schrott, 50 kg Ferromangan, 800 kg Kalk und 100 kg Erz.

Das neutrale Verfahren von Valton und Rémaury mit Chrom-

[1]) Compt. rend. de la Soc. de l'industrie min. 1885, p. 154.

Digitized by Google

eisensteinfutter fand in Frankreich mehrfach Anwendung. Boden und Wände des Herdes wurden aus Chromeisensteinstücken von mindestens 38 Prozent Chrom- und 6 Prozent Siliciumgehalt mit einem aus Kalk und Chromerz bereiteten Mörtel hergestellt. Die Öfen hatten für 6 bis 8 Tonnen Fassungsraum; in 24 Stunden wurden drei Chargen gemacht. Man besetzte erst mit 300 bis 500 kg Kalkstein und je nach dem Schwefelgehalt des Eisens mit 100 bis 200 kg Manganerz, hierauf mit 1500 bis 1700 kg Roheisen, 500 bis 600 kg Gufsschrott, dazu aber ein Drittel Stahlabfälle; nach dem Einschmelzen wurden 300 bis 500 kg Schrott nachgesetzt. Bei hinreichender Temperatur wurde dann Schlacke abgelassen und, ehe man Ferromangan zusetzte, Probe genommen. Zeigte sich noch ein zu hoher Gehalt an Phosphor, so wurden Kugeln aus Kalk und Hammerschlag eingeworfen. Es ging bei diesem Betriebe nur wenig Chrom aus dem Futter in das Bad über und man konnte beliebig harten oder weichen Stahl machen. Die Kosten stellten sich auf 26,32 Francs die Tonne, gegen 23,05 Francs beim Thomasieren im Konverter. Eine Anlage von 18 bis 20 Tonnen Erzeugung in 24 Stunden kostete 92 000 Francs. Das Verfahren war 1886 eingeführt in Commercy (Dep. Meurthe), Blagny (Ardennen), Morvillars (Dep. Belfort) und Tamari (Dep. Gard), wo der Flufsstahl zu Feinblech, Bandeisen, Ketten, Nageleisen, Draht u. s. w. verwendet wurde; ferner war es schon früher in Ausübung zu Terre noire, Bassège und zu Alexandrowsky bei St. Petersburg. G. von Odelstjerna führte den Erzprozefs in Schweden ein und zwar mit ausgiebigerer Verwendung reiner Magnetite auf den Stahlwerken zu Hammarby, Ankarsum, Hellefors und Söderfors, ferner auf Versuchsöfen zu Domnarfreet-Dale. Man gab 24 bis 30 Prozent des Roheisengewichts reine Magnetite und Hämatite auf. Die Charge dauerte 10 bis 12 Stunden, also länger als bei Schrottbetrieb. Auch war der Aufwand an Kohlen und Arbeitslöhnen um 25 Prozent höher. Dabei ging ein beträchtlicher Teil des Eisens aus dem Erz in die Schlacke. Das Produkt war aber ebenso gut wie beim Schrottprozefs.

Ein Zusatz von Erz kam auch bei dem sauren Verfahren in den Vereinigten Staaten damals allgemein zur Anwendung. Dieser Zusatz gegen Schlufs beschleunigt den Prozefs und macht das Metall wärmer und gleichmäfsiger, denn je wärmer das Flufseisen ist, je weniger absorbiert es Gase, je blasenfreier werden die Güsse.

Blasenfreien Gufs versuchte man auch durch Kombination des Bessemer- und Martinverfahrens zu erzeugen, indem man die im Konverter totgeblasene Charge im sauren Martinofen unter Zusatz

Digitized by Google

von saurer Schlacke bei sehr hoher Temperatur mit siliciumreichem Roheisen und Ferromangan oder Spiegeleisen rückkohlte[1]).

In den Vereinigten Staaten führte man in dem Martinofen von Lilianberg zuerst den Schmelzbetrieb mit Wassergas ein. Derselbe kam bereits im Mai 1886 auch in Witkowitz in Anwendung und zwar mit sehr gutem Erfolge. Ein Ofen mit Wassergasbetrieb produzierte daselbst 20 Tonnen Stahl in 24 Stunden und verbrauchte dabei 8 cbm Gas pro Minute. Die Luft wurde auf 1200 bis 1400° C. erhitzt. Luft und Gas traten unter 110 mm Wasserdruck ein. Die Temperatur im Ofen erreichte fast Platinschmelzhitze. Auf 100 kg Stahl wurden 60 cbm Wassergas und 69 kg Kohlen verbraucht. 1 cbm Mischgas kostete nur 1 Pfennig. Bei gleicher Leistung verbrauchte der Wassergasofen nur 48,8 Prozent der Wärmemenge der gewöhnlichen Öfen. Die Arbeitsleistung stellte sich 50 Prozent günstiger.

Ein anderer verbesserter Martinofen war von Radcliffe in England konstruiert worden. Bei diesem stand der Gasgenerator dicht bei dem Herd, die Wärmespeicher darüber; er hatte ferner besondere Luftheizkammern für den Generator, die unmittelbar über dem Herde lagen. Infolgedessen war das Gewölbe ganz flach, was die freie Flammenentfaltung beeinträchtigte. Der ganze Ofen war aus eisernen Platten auf eisernen Säulen erbaut; dadurch war er sehr kompendiös und leicht zugänglich. Drei dieser Öfen arbeiteten mit gutem Erfolge im Stahlwerk des Arsenals zu Woolwich.

Bei dem basischen Schrottverfahren setzte man im allgemeinen auf 25 Prozent Roheisen 75 Prozent Schrott, bei dem Erzverfahren auf 60 Prozent Roheisen 20 Prozent Schrott und 20 Prozent Erz. Es bedurfte hierbei keines so phosphorreichen Roheisens wie bei dem Thomasprozefs, und wählte man meistens Sorten von weniger als 1,5 Prozent Phosphorgehalt.

Bei keinem Verfahren liefs sich ein so gleichartiges, vorzüglich weiches Produkt erzeugen, als bei dem basischen Martinprozefs, weshalb es sich besonders für Qualität empfahl, während das Thomasverfahren für Massenproduktion den Vorzug hatte. Wie weit übrigens die Beschickungsverhältnisse je nach den Materialien und der Verwendung des Produktes bei dem Martinprozefs verschieden waren, zeigt folgende Zusammenstellung aus dem Jahre 1886:

[1]) Pat. der Soc. des Aciéries de Longwy, D. R. P. Nr. 33316.

Digitized by Google

Hüttenwerk	Einsatz in Prozenten			
	Roheisen	Schrott	Erz	
Cambria	32	68	—	
Midvale	50	37	13	
Springfield	30	70	—	
Otis (U. S)	20	80	—	
Hallside	29	57	14	(Campanil)
Firminy	28	72	—	
Krupp	24	72	4	(Hämatit)
Union I	20	80	—	
Union II	10	90 (Schienenabfälle)	—	
Bochum	23,5	71,7	—	(4,7 Ferromangan)
Oberhausen	10,6	89,4	—	
Phönix	50	45	2,5	(2,5 Spiegel)
Asbeck, Osthaus, Eicken & Co.	15	30 / 50 (Weicher Stahl)	—	(3 Spiegel und 2 Ferromangan)
Witten	40	40	20	(Ger. Spat)
Gratz I	40	35	25	(Ungar. Erze)
Gratz II	30	70	—	
Witkowitz	15	85	—	
Donawitz	24	75,5	—	(0,5 Ferromangan)

Eine Beschickung für Radreifen der Phönixhütte bei Ruhrort bestand aus: 10000 kg Bessemerroheisen, 2000 kg Schrott, 4000 kg Schienenenden, 1500 kg Blechschnitzel, 1000 kg Gufsbrocken, 500 kg Spiegeleisen und 500 kg Erz (Hämatit). Für weiches Eisen schränkte man den Roheisensatz im Ruhrgebiet bis auf 5 Prozent ein.

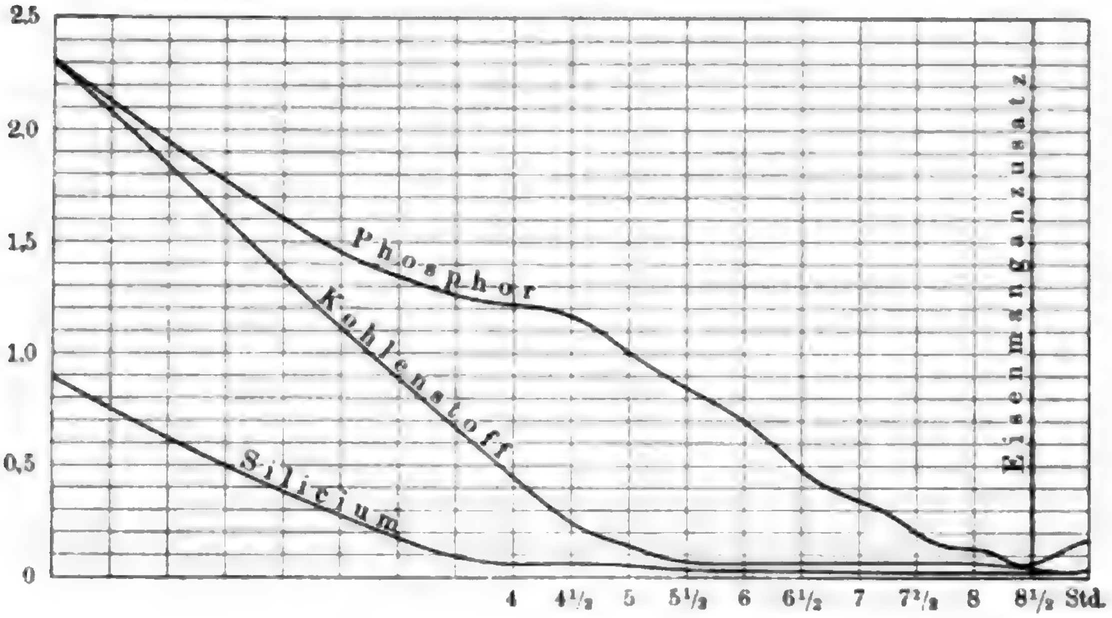
Ueber den chemischen Verlauf des Martinprozesses hat 1886 F. N. Harbord in Bilston eine gründliche Untersuchung veröffentlicht[1]. Er nahm von einer vierstündigen Charge jede halbe Stunde eine Probe des Eisens und der Schlacke und analysierte dieselben. Die Schaulinien, Fig. 281, zeigen den Verlauf der Abscheidung von Kohlenstoff, Phosphor und Silicium. Ein Vergleich mit dem Vorgang im Puddelofen ergiebt eine gewisse Analogie des Puddelns mit der Reinigung im basischen Martinofen. Harbord empfiehlt den Zusatz von Erz gleich aufzugeben und nach einer Stunde Schlacke abzustechen. Die Menge des Schrottzusatzes sei nur eine Frage der Ökonomie.

[1]) In dem Journal of the Iron and Steel Institute 1886, II, p. 700. Siehe auch Ledebur a. a. O., S. 962.

Digitized by Google

Im Jahre 1887 breitete sich der basische Flammofenprozefs in allen Haupteisenländern aus. So wurden in Oberschlesien auf dem Borsigwerk drei neue Öfen zu 15 Tonnen und auf der Königshütte zwei Öfen zu 15 Tonnen in Betrieb genommen. In Frankreich verwendete man Martinstahl unter Zusatz von Eisensilicid für Geschütz-

Fig. 281.



gufs. In England liefen die Bathoöfen den älteren Ofenformen den Rang ab. J. Riley und Dick hatten sie auf den Blochairn-Stahlwerken bei Glasgow eingeführt, und die Staffordshire-Gesellschaft erstattete im Herbstmeeting des Iron- and Steel-Institute Bericht über die guten Erfolge, die sie im Bathoofen mit basischem Herd erzielt hatten. 28 solcher Öfen waren damals in England bereits ausgeführt, davon hatte Wailes zu Wednesbury allein neun in Betrieb und zwei im Bau. Die Herde waren aus Dolomit hergestellt und von der sauren Steinwand durch eine isolierende Schicht aus Chromeisenstein oder aus mit Kalk und Thon gemischter, gemahlener Retortenkohle getrennt. Am besten bewährten sich diese Öfen für kleinere Einsätze bis zu 7 Tonnen. Bei diesen kleinen Öfen waren häufig die Gewölbe zum Abheben eingerichtet. Hackney und Wailes liefsen das Gas aus horizontalen, die Luft aus vertikalen Schlitzen in den Ofen strömen, wodurch eine bessere Mischung erreicht werden sollte. Durch Schmelzen mit Wassergas gelang es, die Zeit des Einschmelzens auf $4^1/_2$ Stunden zu verkürzen. Thwaite konstruierte einen Schnellschmelzofen (rapid open hearth), indem er einen Kupolofen mit dem Flammofen verband. Dabei wurde das Eisen in dem cylindrischen Kanal zwischen Kupolofen und Flammofen durch Windstrahlen

gefeint[1]). Dieses Verfahren führte J. Riley auf den Blochairn-Stahlwerken bei Glasgow ein.

H. Burrows liefs sich einen Herdschmelzofen in England patentieren (E. P. 1887, Nr. 8207), bei dem die Gase aus dem Generator in eine Verbrennungskammer geführt wurden, hier mit heifser Luft verbrannten und dann erst in den Schmelzraum traten. Die Abgase wurden in Regeneratoren unter dem Ofen, welche zur Lufterhitzung dienten, geleitet.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika gab es 1887 nach einem Bericht von Jules J. Fréson sieben Martinstahlwerke mit 17 Öfen von 10 bis 35 Tonnen Einsatz. Durch ihre zweckmäfsige Anordnung war die Arbeit erleichtert. Die Öfen standen alle in einer Reihe, während man sie in England meist in zwei Reihen einander gegenüber stellte, wodurch der Raum beengt und heifs wurde. Bei den amerikanischen Anordnungen wurden alle Materialien, Gase und Luft nur von einer Seite zugeführt, so dafs die andere ganz frei blieb. Meist hatten zwei Öfen eine gemeinschaftliche, kreisförmige Giefsgrube mit einem oder zwei Drehkränen. Man zog Giefspfannen dem Giefswagen vor. Vielfach wendete man Pernots drehbare Telleröfen an. Solche waren mit den von C. M. Rider konstruierten Siemensöfen in Springfield, Johnstown und Bethlehem in Anwendung. Man wollte hierdurch den Betrieb beschleunigen, doch waren die Unterhaltungskosten auch gröfser. Das Produkt war gut und hörte man nicht die in Europa üblichen Klagen über ungleichmäfsige Ware. Auch A. L. Holley war ein Anhänger der Pernotöfen wegen der kräftigen Bearbeitung des Bades, der Leichtigkeit der chemischen Reaktion und der Reparatur. In der Regel wurde am Samstag Nachmittag der Herd herausgezogen und repariert, so dafs er am Sonntag Abend wieder betriebsfähig war. Wegen der Kompliziertheit fanden diese Öfen indessen keine weitere Verbreitung auf anderen Hütten. Öfen für 12 bis 14 Tonnen Einsatz bewährten sich am besten, doch gab es auch gröfsere mit 24 bis 35 Tonnen Einsatz. Nur die Pernotöfen hatten hochgespannte Gewölbe. Bei den Öfen der pennsylvanischen Stahlgesellschaft waren die Gewölbe abhebbar. Martinstahl wurde in Nordamerika mit Vorliebe für Kesselblech verwendet. Man machte alle Lokomotivfeuerbüchsen aus Martinstahl. Folgendes war die Zusammensetzung einer Charge für gutes Kesselblech von Otis & Co., Cleveland (U. S.):

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1888, S. 332.

Digitized by Google

Holzkohlenroheisen Nr. I . .	mit	0,05	Prozent	Phosphor	2750 kg
Herd- und Stahlblechabfälle .	„	0,04	„	„	2040 „
Blooms	„	0,015	„	„	4080 „
Deutsches Spiegeleisen mit 12 Prozent Mangan . . .	„	0,076	„	„	90 „
Zusätze gegen Schlufs:					
Ferromangan mit 72 Prozent Mangan	mit	0,22	Prozent	Phosphor	60 kg
Eisenerze	„	0,003	„	„	90 „
Kalkstein	„	0,028	„	„	50 „
Abfälle von Ingots	„	0,033	„	„	8800 „

Das erhaltene Flufseisen enthielt 0,15 Proz. Kohlenstoff, 0,41 Proz. Mangan, 0,02 Proz. Silicium, 0,023 Proz. Schwefel, 0,033 Proz. Phosphor und 0,023 Proz. Kupfer. Die Otis-Werke hatten Niederschlagskammern zwischen den Austrittskanälen des Ofens und den Wärmespeichern, wodurch letztere nur einmal im Jahre gereinigt zu werden brauchten.

G. Hatton liefs sich in England einen trommelartigen Drehofen, dessen eine Hälfte sauer, die andere basisch gefüttert war, patentieren (E. P. 1887, Nr. 13242).

Odelstjerna in Schweden führte 1887 den Betrieb mit Chromeisenerzfutter zu Trollshätta ein und zwar mit norwegischen Erzen. Veranlafst wurde er hierzu durch günstige Berichte über gelungene Versuche zu Wärtsilä in Finnland. Er fand, dafs durch den Chromeisenerzboden das Frischen beschleunigt wurde und dafs, obgleich das Kochen des Eisens bis zum Schlufs anhielt, die Güsse blasenfrei und das Eisen sehr zäh war. Zu Wärtsilä und an anderen Orten in Rufsland hatte man aber dieses Verfahren wieder aufgegeben, sowohl wegen der Kostspieligkeit, als auch weil der Herd zu leicht durchschmolz.

Knut Styffe empfahl auch für Schweden die Magnesitböden, deren Vorzüge Wasum durch Versuche nachgewiesen hatte, und zwar besonders aus Magnesit vom Veitschthal in Steiermark, welcher keine Kieselsäure, aber etwa 6 Prozent Eisenkarbonat enthielt. Er brennt sich dadurch braunschwarz und sintert bei hoher Temperatur zusammen und eignet sich mehr zur Verwendung in Ziegelform als zum Aufstampfen.

Im Jahre 1888 wurden zahlreiche Versuche gemacht, das Roheisen mit oder ohne Vorbehandlung in flüssiger Form in den Martin-

Digitized by Google

ofen einzutragen. Franz Kuppelwieser empfahl, das Roheisen direkt aus dem Hochofen in den Flammofen laufen zu lassen. James Henderson in New York empfahl Einschmelzen des Roheisens in einem Kupolofen, Behandlung desselben auf einem Drehherd unter Zusatz von Erz, Dolomit, Flufsspat und sonstigen Zuschlägen. Rollet verband den Martinofen mit einem Kupolofen mit basischer Ausfütterung, um dadurch den Schwefel und den gröfsten Teil des Siliciums zu entfernen. Das dem Herd dann zugeführte geläuterte Roheisen sollte dem besten schwedischen Holzkohlenroheisen an Güte gleichkommen. Diese Versuche wurden zuerst zu Firminy bei St. Etienne unter Rollets Leitung ausgeführt.

B. H. Thwaite und J. Noble schmolzen Roheisen in basisch gefütterten Kupol- oder Flammöfen und behandelten dann das Roheisen im basischen Herd weiter. Bei der niedrigen Temperatur sollte der Phosphor schon zu Anfang in die Schlacke gehen, die dann abgezogen wurde. Dann wird Hämatit zugesetzt und heifs entkohlt.

Koppmeyer verarbeitete Roheisen von mittlerem Phosphorgehalt erst im Konverter nach dem Verfahren von Harmet (siehe S. 647), wodurch das Silicium und der gröfste Teil des Kohlenstoffs entfernt wurden, während die Entphosphorung dann auf dem basischen Martinherd erfolgte. Ebenso wurde die Kombination des Thomasverfahrens mit dem Martinprozefs wiederholt vorgeschlagen, so auch von Percy Carlyle Gilchrist (D. R. P. Nr. 43623) und von Paul Kuppelwieser. Alle diese Kombinationen hatten den Zweck, den Martinprozefs zu beschleunigen und dadurch eine gröfsere Produktion zu erzielen. Koppmeyer hatte bei seinem oben erwähnten Verfahren eine Tageserzeugung von 50 Tonnen Ingots. Dennoch haben die meisten dieser Versuche, namentlich die, das Roheisen ohne Vorbehandlung flüssig in den Flammofen zu bringen, den Erwartungen nicht entsprochen, weil die gewonnene Schmelzzeit durch verlängertes Frischen gröfstenteils wieder verloren ging.

Im Jahre 1888 wurden auch mancherlei Verbesserungen an dem Schmelzofen eingeführt. Friedrich Siemens in Dresden trat für das Princip der freien Flammenentfaltung und für hohe Gewölbe ein. Diese waren bei dem von ihm entworfenen Regenerativofen ganz unabhängig von den Seitenwänden, indem der Herd in einen Blechkasten eingebaut war. Dieser hatte am oberen Rande Konsolen, auf denen ein Ring von Winkeleisen ruhte, welcher das Herdgewölbe trug. Die chemisch-kalorischen Studien von Hans

Digitized by Google

von Jüptner und Friedr. Toldt zu Neuberg[1]) bestätigten die Überlegenheit dieser Öfen gegen die älteren mit eingesenkten Gewölben. Koppmeyer arbeitete mit abhebbarem Gewölbe. Bei den mit Wassergas betriebenen Martinöfen waren diese allgemein im Gebrauch. Lash führte in Pittsburg in den Vereinigten Staaten einen Gasschmelzofen mit flachem Herd, Wasserkühlung und mehreren Thüren zum bequemeren Beschicken an der hinteren Seite ein. Diese Öfen waren anfangs für Naturgas bestimmt, wurden aber später mit Generatorgas betrieben. Regenerativ-Gasflammöfen empfahl J. von Ehrenwerth besonders für intermittierenden Betrieb. W. Schmidhammer in Reschitza brachte kippbare Flammöfen in Vorschlag[2]).

In England suchte man durch Vergröfserung der Öfen höhere Produktion zu erzielen. Man machte sie $10^1/_2$ Fufs breit und $16^1/_2$ Fufs lang, mit festen Gewölben und viereckigen Wärmespeichern, die mehr Heizfläche boten als die runden. Man erzielte mit diesen Öfen angeblich eine Kohlenersparnis von 25 Prozent. W. Schmidhammer zu Reschitza schlug Öfen mit auswechselbarem Herd vor.

Drehbare Trommelherde, wie die von G. Halton vorgeschlagenen, empfahl Const. Steffens, rotierende Öfen G. J. Snelus in Worthington und J. Henderson in New York.

A. Gouvy veröffentlichte einen ausführlichen Bericht über die Flufseisenerzeugung auf basischen Herden zu Reschitza[3]). Die Öfen hatten durch Rohre gekühlte Feuerbrücken. Ihre Seitenwände waren aus Magnesitziegeln aufgemauert, in welche der Herd 300 mm dick aus Dolomitmasse aufgestampft wurde. Das aus Dinasziegeln hergestellte Gewölbe war von dem Herd ganz unabhängig. Man beschickte 3500 kg graues und halbiertes Roheisen und 4000 kg Abfälle, die auf einmal und kalt eingesetzt wurden, dazu wurden 450 kg Kalk in nufsgrofsen Stücken zugeschlagen. Man liefs die aufschäumende Schlacke verkochen und zog sie dann mit der Krücke ab, worauf man die Probe nahm. War die Entkohlung beendet, so setzte man zur Rückkohlung eine geringe Menge Ferromangan zu. In 24 Stunden wurden vier Chargen geschmolzen. Das fertige Produkt enthielt 0,011 Prozent Phosphor. Seine absolute Festigkeit betrug 35 kg pro Quadratmillimeter, die Kontraktion 72 Prozent, die Dehnung 28 Prozent. Das Flufseisen diente für Panzerplatten und Material zum Schiffsbau für das K. K. Arsenal zu Pola, wo damals das Panzerschiff „Kronprinz Rudolf" damit

---

[1]) Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1888, S. 291.
[2]) Stahl und Eisen 1888, S. 369 bis 375.
[3]) Daselbst 1889, S. 396.

Digitized by Google

gebaut wurde. Zu Seraing erzeugte man im basischen Martinofen gutes Material für Eisenbahnschienen.

Im allgemeinen stellte man geringere Anforderungen an die Qualität wie früher, aber gröfsere an die Gleichförmigkeit des Produktes. Auch verarbeitete man mehr Roheisen im Verhältnis zum Schrott, wie früher; hatte dieses früher 1 : 3 betragen, so war es jetzt meist 1 : 1.

St. Williams wendete eine eigentümliche Coquille zur Erzeugung dichter Güsse durch Erstarren unter Druck an, wobei aber der Druck erst nach Erstarrung der Rinde ausgeübt wurde.

1888 wurde Darbys Verfahren der Rückkohlung mit festem Kohlenstoff bekannt und auf der Phönixhütte bei Ruhrort von Direktor Thielen praktisch ausgebildet. Es liefs sich für Martinflufseisen ebenso anwenden wie für Konvertereisen.

1889 liefs sich Hilton einen verbesserten Herdschmelzofen patentieren. Es war ein abgeänderter Bathoofen mit rechtwinkligem Herd, der die Vorteile des Systems Siemens und Batho vereinigen sollte. Hilton erwarb aufserdem das englische Patent Bathos.

E. Gruner äufserte sich dahin, dafs es ziemlich gleichgültig sei, ob man den Herd aus Dolomit, Magnesit oder Chromerz herstelle; der Prozefs selbst verlaufe bei allen gleich. Wichtig dagegen sei es, dafs man ein möglichst schwefelfreies Roheisen nehme. Um dies zu erhalten, empfiehlt er Umschmelzen des Roheisens im Kupolofen mit basischem oder neutralem Futter, bei langsamem Gang und 500 bis 600° C. heifsem Wind, bei basischer Schlacke von 15 bis höchstens 18 Prozent Kieselsäure. Dadurch werde ein Schwefelgehalt des Roheisens von 0,50 bis 0,70 Prozent auf 0,02 bis 0,03 vermindert. Die Entschwefelung im Hochofen sei wegen des hohen Kalkzuschlags zu kostspielig.

In diesem Jahre machte der Schmelzbetrieb mit Wassergas Fortschritte und bewährte sich namentlich zu Witkowitz, wo zwei Martinöfen mit Wassergas und zwei Siemens-Martinöfen mit Generatorgas betrieben wurden. Bei den zwei ausschliefslich mit Wassergas betriebenen Öfen betrug der Einsatz 6 Tonnen, wovon 82 Prozent weifses Roheisen und 18 Prozent Blechabfälle waren. Gegen Ende des Prozesses wurde etwas Eisenerz zugesetzt. Obgleich nur die Verbrennungsluft erhitzt wurde, war doch die erzeugte Hitze so grofs, dafs der ganze Prozefs um eine Stunde verkürzt wurde.

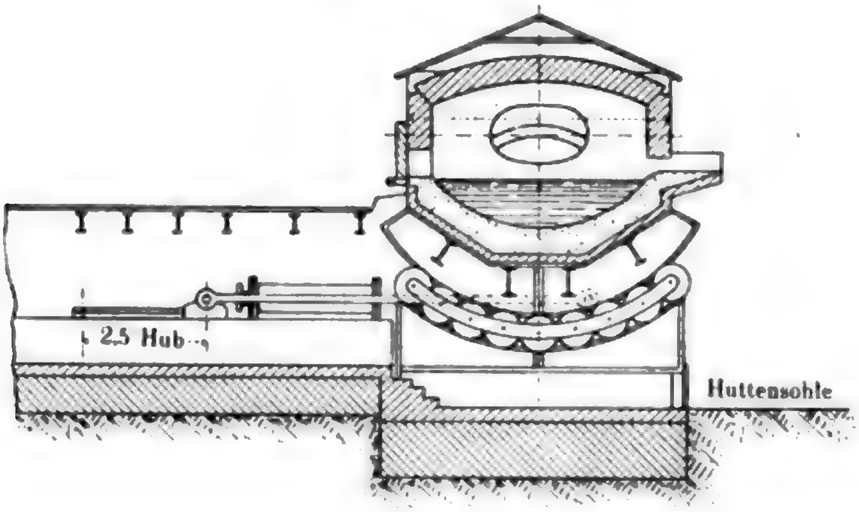
In Frankreich arbeitete man zu Alevard nach dem Siemensschen Erz-Reduktionsverfahren und schmolz siliciumarmes Roheisen mit 20 Prozent Erz. — Zu Alais waren drei Öfen mit Chromeisenerzböden seit fünf Jahren im Betriebe. Ein Boden war seit drei Jahren

Digitized by Google

nicht erneuert worden (Rémaury). Oldenstjerna bezeichnete es als einen Fortschritt bei dem Flammofenbetriebe mit neutralem Boden in Schweden, dafs man nicht mehr mit Roheisen kohle und gleich darauf absteche, wodurch man früher immer harte Körner in dem Flufseisen behalten hatte. Jetzt lasse man die Masse nach dem Roheisenzusatz noch 1 bis $1^1/_2$ Stunden verkochen.

1889 wurde auf den Steelton-Works der pennsylvanischen Stahlgesellschaft von H. H. Campbell der erste kippbare Martinofen gebaut. Wie Fig. 282 zeigt, ist das Drehgestell eine auf Rollen laufende Schaukel und erfolgt das Kippen hydraulisch.

Fig. 282.



1890 fand der Magnesit bei den basischen Martinöfen immer allgemeinere Anwendung und zwar teils für sich, teils mit Dolomit oder Kalk gemischt. Er wurde entweder zu Ziegeln geprefst oder aufgestampft. Auf dem Martinwerk zu Diosgyör[1]) in Ungarn, wo Magnesit von Veitsch ohne Teer, aber mit Dolomitmilch angemacht verwendet wurde, hatten Versuche gröfsere Dauerhaftigkeit gegenüber dem Chromeisenstein ergeben. Auch D. Lundström in Schweden fand, dafs zwar die Seitenwände aus Chromeisenerz sehr haltbar seien, die Böden der Schmelzherde dagegen nicht. In Nordamerika bewährten sich aus Deutschland eingeführte Magnesiasteine für die Herdsohlen besser als die Quarzsohlen, auch deshalb schon, weil sie infolge Verzögerung der Oxydation weniger Reparatur erforderten. Der Herdboden war von einem Blechgerippe umgeben und getragen. In Pennsylvanien wendete man vielfach Naturgas zum Schmelzen an.

[1]) Jern. kontor. Ann. 1889, S. 389; Stahl und Eisen 1890, S. 222.

Digitized by Google

Im März 1890 kam in Witkowitz die neue Anlage, wobei fünf Martinöfen von je 20 Tonnen Einsatz mit einem Konverter verbunden waren, in Betrieb. Die fünf Gasflammöfen waren in einer Reihe zu dem Konverter so aufgestellt, dafs die mit vorgefrischtem Metall gefüllten Pfannen durch einen hydraulischen Elevator unmittelbar vor die Öfen gehoben werden konnten. Das Durchblasen dauerte zwei Minuten und wurde dadurch das Roheisen an Güte dem Koksroheisen der Alpenländer nahe gebracht. Es enthielt an Prozenten:

	Vor dem Blasen	Nach zwei Minuten Blasen
Silicium	0,95	0,26
Mangan	1,77	0,75
Kohlenstoff	3,39	3,03

Auch kam es wärmer in den Herd. Die Charge betrug 90 Prozent Roheisen und nur 10 Prozent Alteisen und Erze. In den drei Öfen wurden in 24 Stunden durchschnittlich 17 Chargen gemacht. Der Brennstoffaufwand betrug dabei nur 10 bis 12 kg auf 100 kg Ingoteisen. Das Hüttenwerk Trynietz führte einige Zeit danach denselben Betrieb ein.

L. Pszezolka[1]) in Gratz reinigte besonders das durch den basischen Prozefs erzeugte Flufsmetall, welches oxydiertes Eisen gelöst enthält und ungleich in der Masse ist, durch Einrühren kieselsäurehaltiger Substanzen, wie Schlacken, Glas, Quarz, Flufsspat etc., welche die Oxyde auflösen und das Metall verbessern.

Auf die Wichtigkeit der Zusammensetzung der Schlacken im Moment des Ausgiefsens hat Calbraith[2]) in Chesterfield hingewiesen und hierauf eine Reinigungsmethode gegründet. Er arbeitet mit zwei Pfannen, in deren eine die nötigen Zusätze zur Reinigung eingetragen sind. In diese wird das Eisen aus der anderen Pfanne eingegossen, bis die Schlacke den richtigen Zustand der Basicität zeigt.

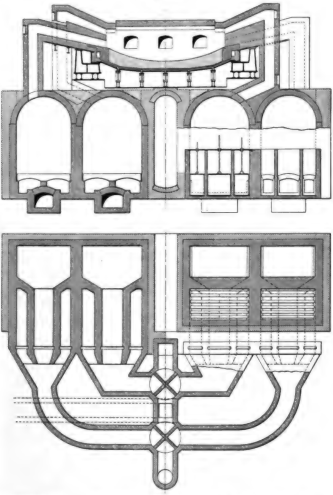
In England war der Roheisenerzprozefs mit saurem Herd noch sehr verbreitet; dabei hatte man aber weit gröfsere Öfen wie früher, so dafs man meist mit 25 Tonnen Einsatz arbeitete. In den Vereinigten Staaten hatte man Öfen bis zu 30 Tonnen Einsatz gebaut, doch hatten sich die Öfen mit 20 Tonnen Einsatz am besten bewährt, wobei die

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1890, S. 611.
[2]) Siehe Österr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenkunde 1890, S. 375.

Digitized by Google

Wärmespeicher für Luft und Gas unter sich und von dem Ofenkörper getrennt waren.

Fig. 283.



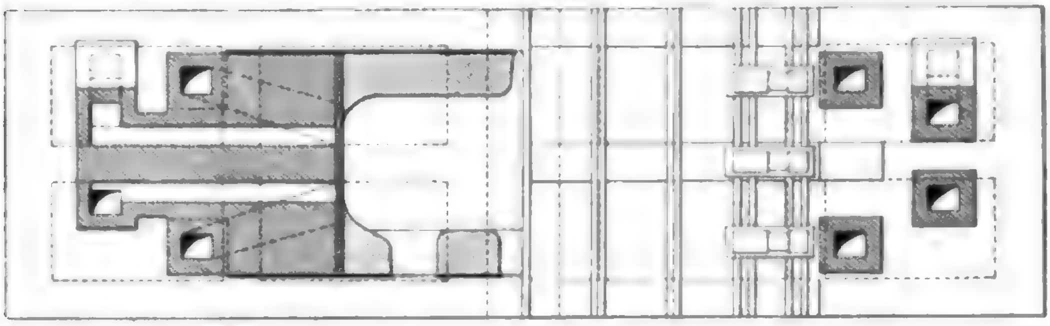
Die gröfste Anlage waren die Homestead-Stahlwerke bei Pittsburg von Carnegie, Phipps & Co, die 16 Öfen mit gröfstenteils basischen Herdböden hatten, vier davon hatten 25 Tonnen Fassung, die übrigen 20 Tonnen.

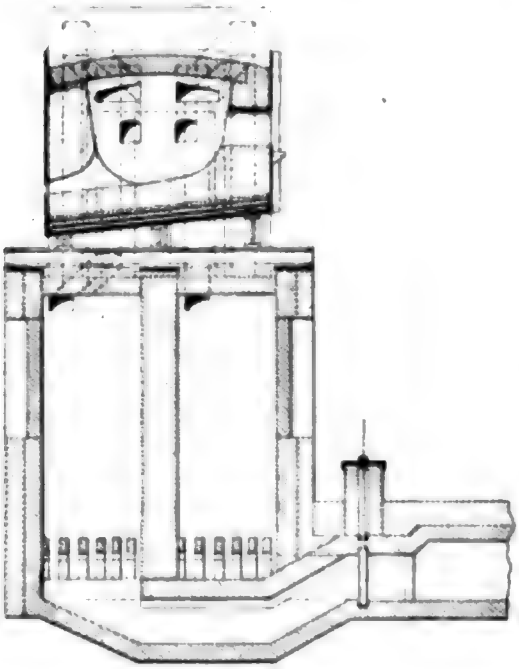
1891 erhielt H. Schönwalder, Obermeister der Friedenshütte

Digitized by Google

in Oberschlesien ein Patent (D. R. P. Nr. 55 707) auf einen verbesserten Siemens-Martinofen. Die Verbesserung bestand darin, dafs jede Zugöffnung im Kopfe des Flammofens mit einem besonderen Regenerator verbunden war; jeder Kanal von dem Regenerator nach der Reversiervorrichtung war mit einem Schieber versehen, der die Möglichkeit bot, den einen oder anderen der Regeneratoren ganz oder

Fig. 284.





teilweise abzusperren und damit der Flamme einen ganz bestimmten Weg vorzuschreiben. Dadurch war die Möglichkeit gegeben, die Kanäle und deren Austrittsöffnungen in dem Ofen mehr als seither vor Zerstörung durch Schmelzen oder Ausspülen zu schützen und eine gleichmäfsigere Abnutzung der Wärmespeicher herbeizuführen. Die Verdoppelung der Regeneratoren geschah durch eine in der Mittellinie des Ofens angebrachte Scheidewand. Hierdurch wurden die vier Kammern in acht geteilt, von denen jede durch einen besonderen Kanal mit dem Ofeninnern und den Aufsenkanälen verbunden wurde, wie dies Fig. 283 (a. v. S.) und Fig. 284[1]) zeigen. Während auf der einen Seite des Ofens durch zwei Wärmespeicher Luft und durch zwei Wärmespeicher Gas geht und Luft und Gas an den Öffnungen der vier Kanäle im Ofen sich mischen und verbrennen, strömt die Flamme durch die vier Wärmespeicher der anderen Seite zur Esse. Die Schieber (Fig. 285) sind aus feuerfesten Steinen, die durch eiserne,

---

[1]) Stahl und Eisen 1892, S. 992.

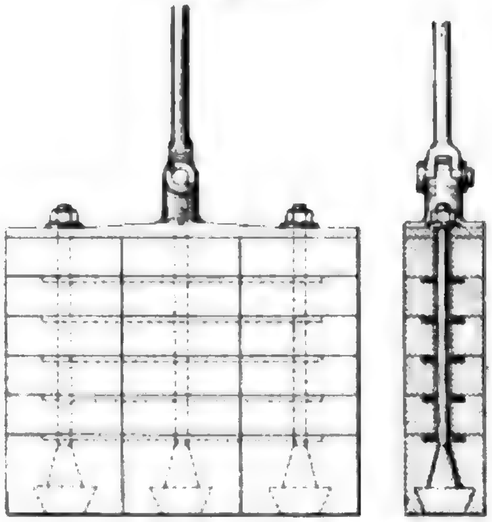
Digitized by Google

mit einem Rahmen verbundene Stäbe im Innern zusammengehalten werden, hergestellt.

In den Vereinigten Staaten kam auf dem Stahlwerk der Pennsylvania Steel Company ein kippbarer Martinofen nach Zeichnungen von H. Aitken, Wood und Campbell in Betrieb[1]).

Aus dem Jahre 1891 ist eine theoretische Studie[2]) über den basischen Martinofenbetrieb von W. Schmidhammer zu erwähnen, in der durch mitgeteilte Analysen von zu verschiedenen Zeiten genommenen Schöpfproben einer Charge der Verlauf des Oxydationsprozesses in Zahlen und graphisch dargestellt ist; ferner eine ausführliche Abhandlung über Martinöfen und Martinstahlfabrikation von dem ungarischen Professor W. Sóltz[3]) mit Angaben über Mafsverhältnisse der Öfen und Regeneratoren.

Fig. 285.



Die Schönwalderschen Öfen bewährten sich in den folgenden Jahren auf der Friedenshütte gut[4]). Die Haltbarkeit der Martinöfen wurde sehr gesteigert durch vorsichtiges Anwärmen und Aufmerksamkeit bei der Inbetriebsetzung und Wartung des Ofens. Der Ofen 2 der Friedenshütte wurde erst nach 797 Chargen in Reparatur genommen und zwar nur wegen Verschlackung der Regeneratoren[5]). In Westfalen bewährten sich die Bathoöfen.

1891 nahm man zu Firminy in Frankreich zur Herstellung I. Qualität Flufsstahl weifses, aus algerischen und spanischen Erzen erblasenes Roheisen. Dieses wurde nach dem Rolletschen Verfahren entschwefelt und in Puddelöfen auf Luppen verarbeitet. Diese Luppen dienten als Schmiedeeisenzusatz im Martinofen. Bei II. Qualität verwendete man gutes, ausgesuchtes Abfalleisen, während man für III. Qualität gewöhnliches Roheisen und unsortierte Schmiedeeisenabfälle verwendete. Die Klassifikation und Verwendung geschah nach folgender Tabelle:

---

[1]) A. a. O. 1892, S. 1028.

[2]) Stahl und Eisen 1891, S. 546.

[3]) Im 1891er Jahrbuch der ungarischen Bergakademie; deutsch in Österr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1893, S. 1 u. f.

[4]) A. a. O. 1892, S. 759.

[5]) A. a. O. 1893, S. 303, 389 und 480.

Digitized by Google

Härte		Kohlenstoffgehalt	Zerreifs-festigkeit	Dehnung
Nummer	Bezeichnung	Prozent	kg	Prozent
I	besonders hart	0,8 bis 1,2	96 bis 110	5 bis 10
II	sehr hart	0,7 „ 0,8	I 75 „ 90 II 70 „ 85	10 „ 15
III	hart	0,6 „ 0,7	65 „ 75	15 „ 18
IV	mittelhart	0,4 „ 0,6	55 „ 65	18 „ 20
V	weich	0,3 „ 0,4	48 „ 55	22 „ 24
VI	sehr weich	0,15 „ 0,30	40 „ 48	24 „ 30
VII	besonders weich	0,05 „ 0,15	35 „ 40	30 „ 35

Verwendung: Nr. I zu Kanonenkugeln, Sägen, Feilen etc. Nr. II, 1. Qual.: Bei 75 bis 90 kg Zerreifsfestigkeit zu Kabeldraht, bei 70 bis 85 kg Zerreifsfestigkeit zu Kanonenkugeln, Scheren, Federmessern etc. 2. Qual.: Messer, Kreissägen, Stricknadeln, Baumscheren, Compoundblech, Papierwalzen etc. Nr. III, 1. Qual.: Kanonen, Walzen, Hämmer, Federn, Werkzeuge etc. 2. Qual.: Wagenteile, Achsen, Kolben, landwirtschaftliche Maschinen und Werkzeuge. 3. Qual.: Eisenbahnschienen, geringe landwirtschaftliche Geräte. Nr. IV, 1. Qual.: Kanonen, Gewehrteile, ordinäre Walzen, Sicheln, Steinschneidewerkzeuge etc. 2. Qual.: gewöhnliche Reifen, Achsen, Kreuzköpfe, Schaufeln, Hauen, Kolbenstangen. 3. Qual.: Untergeordnete Maschinenbestandteile und Eisenbahnschienen. Nr. V, 1. Qual.: Für Schiefswaffen, Rohre, Wagenbeschläge, Drehwalzen, Kolbenstangen etc. 2. Qual.: Reifen, grobe Schmiede- und Walzstücke, Ketten, Pflüge, Schraubenschlüssel, Hauen, Schaufeln, Streicheisen. Nr. VI, 1. Qual.: Rohre für Schiefswaffen. 2. Qual.: Gewöhnlichen Draht, Schrauben, Schraubenschlüssel, Hauen, Schaufeln, Gartengeräte. Nr. VII, 1. Qual.: Gut schweifsbares Material, ersetzt schwedisches Eisen. 2. Qual.: Weicher Draht, Schlüssel, Schiffsbestandteile, Hufeisen, Hufnägel.

W. Sóltz empfiehlt folgende Dimensionen der Schmelzherde:

Gröfse des Ofens für:	7	8	10	13 Tonnen
Fläche des Schmelzherdes	8,0 m²	10,0 m²	12,0 m²	14,0 m²
Länge „ „	4,2 m	4,4 m	5,0 m	5,4 m
Breite „ „	1,9 m	2,4 m	2,5 m	2,6 m

In den Vereinigten Staaten gab es 1892 81 betriebsfähige Martinanlagen mit einer jährlichen Leistungsfähigkeit von 1 767 840 Tonnen. Hiervon waren nur drei mit basischem Betrieb. Man baute in Amerika bereits viel gröfsere Öfen, bis zu 40 bis 50 Tonnen Einsatz, denen man eine Länge des Herdes von 12 m gab. Dabei machte man den

Digitized by Google

Herd öfters beweglich, indem man ihn auf Rollen lagerte und ihm durch Wasserdruckcylinder eine wiegende Schwingung gab, wie der Ofen von H. H. Campbell (1890), der dann zur Entleerung gekippt wurde. Ein anderer von Campbell gebauter Ofen liefs sich ganz um seine horizontale Achse drehen [1]). Auch Pernotöfen waren 1893 noch im Gebrauch, jedoch mit beschränkter Anwendung der Drehbewegung. Um den nötigen Überdruck von dem in den Verbrennungsraum eintretenden Gase und Luft zu erlangen, betrieb man nicht nur die Gaserzeuger mit Unterwind, sondern führte auch die Verbrennungsluft durch Gebläse in den Ofen. Statt der Siemensschen Wechselklappe empfahl Campbell Ventile. Wo man Naturgas anwendete, waren die Schmelzöfen nur mit zwei Wärmespeichern zur Erhitzung der Luft versehen, da das Naturgas nicht vorgewärmt wurde. Campbell hielt nicht viel von dem Verfahren, die Generatorgase nicht durch Wärmespeicher, sondern unmittelbar in den Ofen zu leiten. Wassergas hat sich, wie auch in Europa, als zu kostspielig erwiesen. Auch Petroleum verwendete man in Amerika, welches, mittels überhitztem Dampf verflüchtigt, durch Wärmespeicher in den Ofen geführt wurde.

Campbell wies nach, dafs bei heifsem Ofengang Schwefel und auch Phosphor teilweise verflüchtigt werden, wie dies Wedding bereits 1890 beobachtet hatte.

Über die Bedeutung des Magnesits für die basische Ausfütterung der Flufseisenöfen hat Wedding [2]) und über Magnesiaziegel C. Bischof [3]) 1893 Erfahrungen veröffentlicht. Magnesit vom Veitschthal in Steiermark wurde in Schweden und in den Vereinigten Staaten von Nordamerika verwendet.

Bei dem in Witkowitz eingeführten gemischten Verfahren des Verblasens in der sauren Birne und der Entphosphorung und dem Fertigmachen im basischen Flammofen wurde nach P. Kupelwieser hohe Produktion bei geringen Selbstkosten erzielt. Die Ersparnis betrug 10 Mark auf die Tonne gegenüber dem reinen Herdverfahren. Es waren fünf Martinöfen zu 20 Tonnen und drei Birnen, alle in einer Reihe, im Betriebe. Das Roheisen gelangte direkt aus den Hochöfen in die Birnen.

Der chemische Verlauf der Umwandlung, den verschiedene Roheisensorten bei diesem Verfahren erleiden, ergiebt sich in anschau-

---

[1]) Siehe Ledebur in Stahl und Eisen 1893, S. 869.

[2]) Stahl und Eisen 1893, S. 279.

[3]) Österr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1893, S. 27.

Digitized by Google

licher Weise aus nachfolgender Zusammenstellung von Analysen, welche W. Schmidhammer von Witkowitz 1897 veröffentlicht hat[1]):

Roheisen:	Silicium, Prozent . .	1,36	1,58	1,72	0,82	0,72	0,95	1,02	1,31
Blasezeit, Minuten		8	14	14	4	3	2	3	5
Mittelprodukt:	Silicium, Prozent	0,05	0,06	Spur	Spur	0,23	0,26	Spur	Spur
„	Kohlenstoff, „	1,54	0,88	1,46	1,95	2,65	3,02	2,84	3,02
Martinflufseisen	Silicium, „	—	—	—	Spur	—	—	—	—
	Kohlenstoff, „	0,13	0,11	0,10	0,15	0,11	0,12	0,11	0,12
	Phosphor, „	0,12	0,03	0,03	0,03	0,11	0,02	0,03	0,03

In England war 1893 der Roheisen-Erzbetrieb auf saurem Herdboden noch vorherrschend. Auf den Consettwerken[2]) z. B. bestand der Einsatz aus 75 bis 80 Prozent Hämatitroheisen und 20 bis 25 Prozent Schrott und Erz. 18 Siemens-Martinöfen erzeugten 3500 Tonnen Rohblöcke für Bleche, während 1882 170 Puddelöfen nur 1900 Tonnen Schiffsbleche produziert hatten. Dabei machte ein Siemens-Martinofen nur zwei Schmelzungen in 24 Stunden. Die Produktion von Martinmetall in England betrug 1893 1 479 630 Tonnen, wovon nur 79 527 Tonnen im basischen Herde erzeugt waren.

In Deutschland und Österreich hatte 1893 der basische Martinprozefs den sauren fast ganz verdrängt[3]), nur in Steiermark wurde letzterer zur Stahlerzeugung beibehalten. Selbst für Stahlgufs wurden vielfach basische Herde verwendet. Das leichtere Blasigwerden der aus basischen Öfen erzeugten Blöcke wurde durch Zusätze, besonders von Aluminium und dadurch, dafs man die Blöcke steigend gofs, z. B. zu Witkowitz 30 Blöcke gleichzeitig, vermieden. Der Aluminiumzusatz betrug meist nur 0,002 Prozent vom Gewicht des Eisens.

Die Verbesserung der Generatorfeuerungen war von gröfster Wichtigkeit. Daelen und Blezinger in Duisburg schlugen Recuperatoren, Erhitzer, die durch Leitung wirken, an Stelle der Wechselgeneratoren, die durch Speicherung wirken, zur Erhitzung von Gas und Luft vor[4]).

In Schweden[5]) betrieb man nach Odelstjerna die Martinflammöfen noch vielfach mit Holz und Holzabfällen. Auf dem Söderforswerk wendete man hierfür den Fig. 286 abgebildeten Holzgasgenerator in Verbindung mit dem Holztrockenapparat, Fig. 287, mit Erfolg an. Die Stahlschmelzöfen hatte man auf 10 Tonnen Einsatz vergröfsert. Die Regeneratoren waren sehr geräumig, indem man

[1]) Stahl und Eisen 1897, S. 775.
[2]) Daselbst 1893, S. 1044.
[3]) A. a. O. 1894, S. 300.
[4]) Stahl und Eisen 1893, S. 462.
[5]) Nach P. G. Odelstjernà in Stahl und Eisen 1894, Heft 16.

Digitized by Google

2,5 cbm Rauminhalt auf jede Tonne Stahl, die der Ofen in einem Gufs liefern sollte, rechnete, so dafs für einen 10 Tonnenofen jeder Wärmespeicher 25 cbm, alle vier zusammen aber 100 cbm Fassungsraum hatten. Die Schmelzöfen wurden sorgfältig umkleidet. Der Brennstoffaufwand betrug bei Steinkohle 20 bis 25 Prozent des Gewichtes des erzeugten Stahles. Es wurde nur auf beste Qualität gearbeitet, da der Martinstahl grofsenteils als Ersatz für Tiegelstahl

Fig. 286.

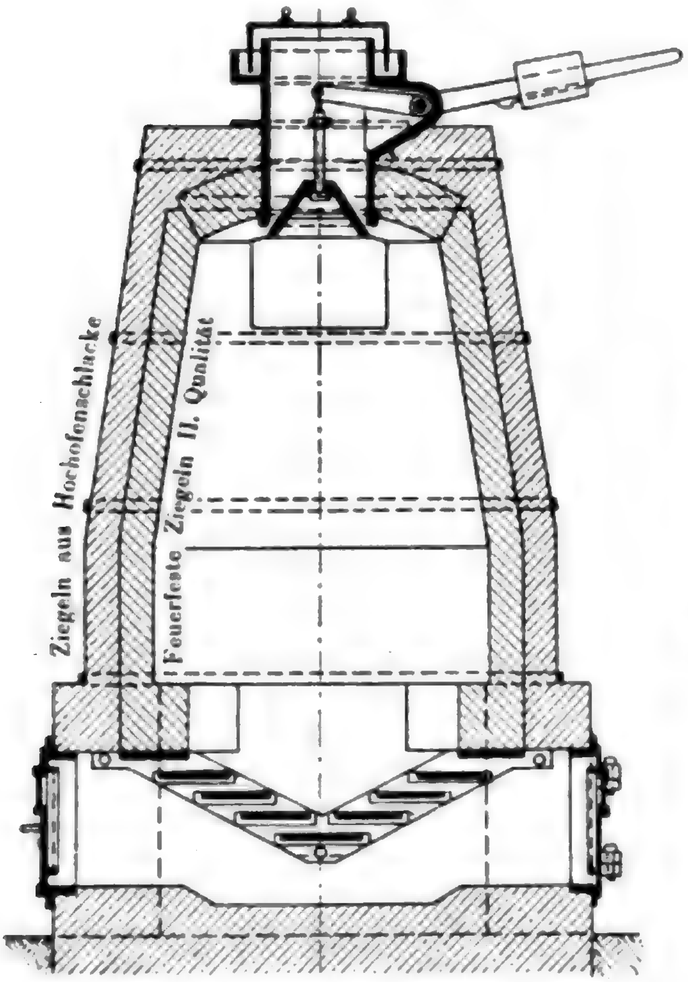
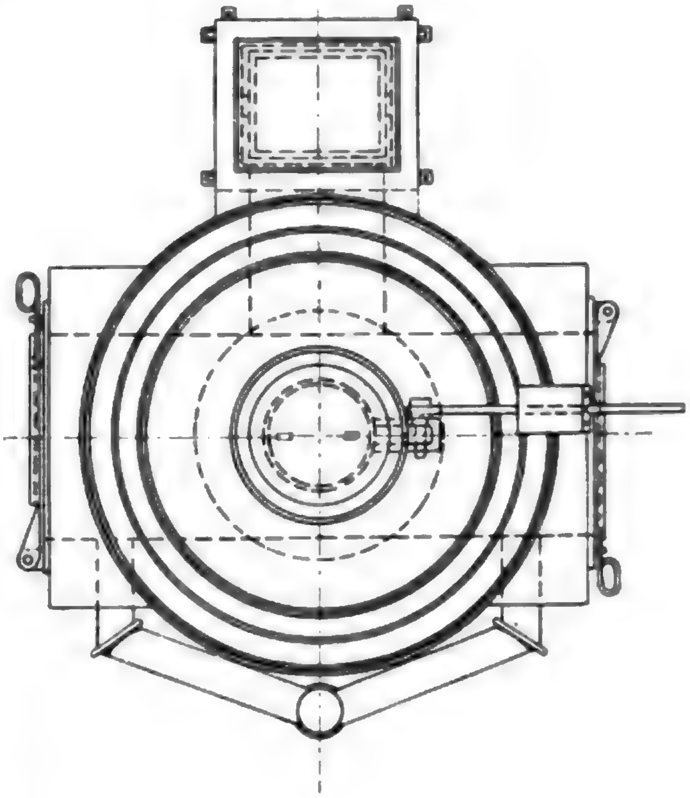


Fig. 287.



dienen sollte. Für weiches Flufseisen mufste möglichst schwefelfreies Roheisen ausgewählt werden. Hierfür war der Holzgasbetrieb vorzuziehen. — Seit Anfang der neunziger Jahre hatte man auch in Schweden den basischen Prozefs eingeführt. Für das Herdfutter verwendete man teils Magnesit aus Deutschland oder billiger Dolomit aus dem Inlande. Um dichte Blöcke zu bekommen, setzte man in der Pfanne im Tiegel geschmolzenes Ferrosilicium oder Ferromangan zu. Die Martinstahlerzeugung war 1886 bis 1892 von 22 460 Tonnen auf 76 556 Tonnen gestiegen.

1894 veröffentlichte W. Schmidhammer in Reschitza eine bemerkenswerte Studie über Gas- und Luftzuführung bei Martin-

Digitized by Google

öfen[1]). Er empfahl die Gaszuführung durch einen horizontalen, mäſsig geneigten Schlitz am Kopfende des Flammofens, die Luftzuführung durch einen runden Fuchs im Gewölbe vor dem Gasfuchs.

Die Schönwalderschen Flammöfen hatten sich auf der Friedenshütte weiter bewährt. Am 17. Februar 1894 wurde Ofen Nr. 1 nach der tausendsten Charge zur Reparatur kaltgestellt. Öfen nach Schönwalders Patent waren im Betriebe zu Riesa in Sachsen, zu Dillingen im Saargebiet, zu Trzinietz in Österr.-Schlesien, zu Milowice und Kamenskoje in Ruſsland und im Bau auf der Burbacher Hütte, zu Altsohl in Ungarn und zu Luzern in der Schweiz.

In Frankreich baute Lencauchez 1893 in Anzin einen verbesserten Herdflammofen, bei dem der Luftgenerator den Gasgenerator an Gröſse sehr übertraf und die Luft unter Druck durch ein Gebläse zugeführt wurde. Die kippbaren Öfen zu Steelton, Pa., waren cylindrisch ummantelt, ähnlich den Danksöfen.

Auf der Alexandrowskihütte in Südruſsland führte Gorjainow 1894 ein neues Schmelzverfahren ein, das darin bestand, daſs er zuerst Erz im Flammofen einschmolz und dann das flüssige Roheisen in das geschmolzene Erz laufen lieſs. Die Vorteile des Verfahrens bestanden darin, daſs man mit wenig Schrott arbeiten konnte und der Prozeſs rascher verlief, so daſs eine Charge nur 6 statt früher 12 Stunden erforderte.

Über den Flammofenherdprozeſs mit besonderer Berücksichtigung amerikanischer Verhältnisse hielt H. H. Campbell am 24. August 1893 in der hüttenmännischen Sektion des internationalen Ingenieur-Kongresses in Chicago einen bemerkenswerten Vortrag[2]).

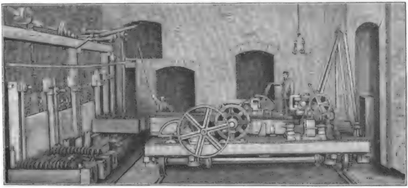
In den Vereinigten Staaten von Amerika, wo auf allen Gebieten das Streben, die Handarbeit durch Maschinenarbeit zu ersetzen, vorherrschte, hatte man schon seit längerer Zeit das beschwerliche Beschicken der Martinöfen durch mechanische Vorrichtungen bewirkt. Diese Chargiermaschinen waren allmählich vervollkommnet worden; sie wurden durch Dampf, hydraulisch oder pneumatisch bewegt, namentlich hatte aber Wellman einen durch Elektricität betriebenen Apparat für diesen Zweck konstruiert, welcher zuerst in dem Wellmanschen Stahlwerk zu Thurlow bei Philadelphia angewendet und der 1895 auch in Deutschland auf dem Hüttenwerk Lauchhammer[3]) nachgebaut und in Betrieb genommen wurde. Der Apparat, Fig. 288,

[1]) Stahl und Eisen 1894, S. 751.
[2]) Siehe Österr. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1894, S. 37 u. 49.
[3]) Stahl und Eisen 1895, S. 669 und 940.

Digitized by Google

der später noch verbessert wurde [1]), hat Ähnlichkeit mit den Koksausdrückmaschinen. Er läuft der Rückseite der Martinöfen entlang auf Schienen. Der Schwengel, an dessen vorderem Ende die Aufgebemulde angebracht ist, ist fest mit einem Wagen verbunden, der mit Zahngetriebe auf Zahnstangen durch einen Elektromotor vor-

Fig. 288.



und rückwärts bewegt wird. Der Schwengel ist drehbar und wird diese Drehbewegung und damit zugleich die Entleerung der Mulde durch einen anderen Elektromotor bewirkt. Die Chargiermaschine führt acht verschiedene Bewegungen aus, die durch vier Elektromotoren, deren jeder vorwärts und rückwärts laufen kann, bewirkt werden. Die Steuerung geschieht durch vier Hebel.

In den Fig. 289 u. 290 (a. f. S.) ist eine moderne amerikanische, von Wellman entworfene, Martinofenanlage auf dem Blechwalzwerk der Illinois Steel Company [2]), welche anfangs 1895 in Betrieb kam, dargestellt. Fig. 289 zeigt einen der vier 20-Tonnenöfen mit der Beschickungsvorrichtung und der Giefsgrube, die immer für je zwei Öfen gemeinsam ist. Fig. 290 zeigt in gleicher Weise einen der beiden grofsen Wellmanschen 30-Tonnen-Kippöfen, die sich in Zahngetrieben auf eisernen Ständern bewegen, mit einem der beiden hydraulischen Prefscylinder, welche die Drehung bewirken.

Neuerdings hat die Gutehoffnungshütte bei Oberhausen für eine verbesserte Beschickungsvorrichtung für Martinöfen ein Patent (D. R. P. Nr. 113 027) erhalten.

---

[1]) Stahl und Eisen 1900, S. 748 und 996.
[2]) Daselbst 1895, S. 797.

Digitized by Google

Fig. 289.

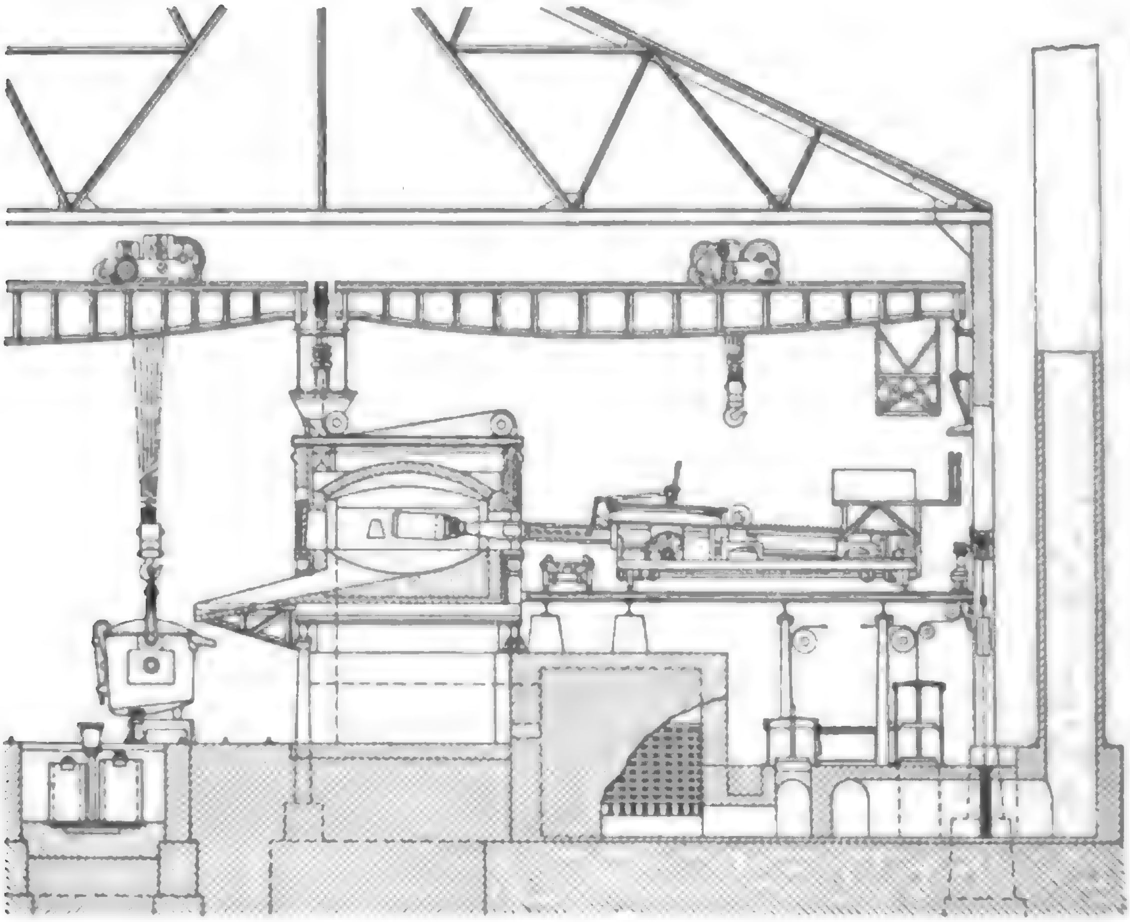
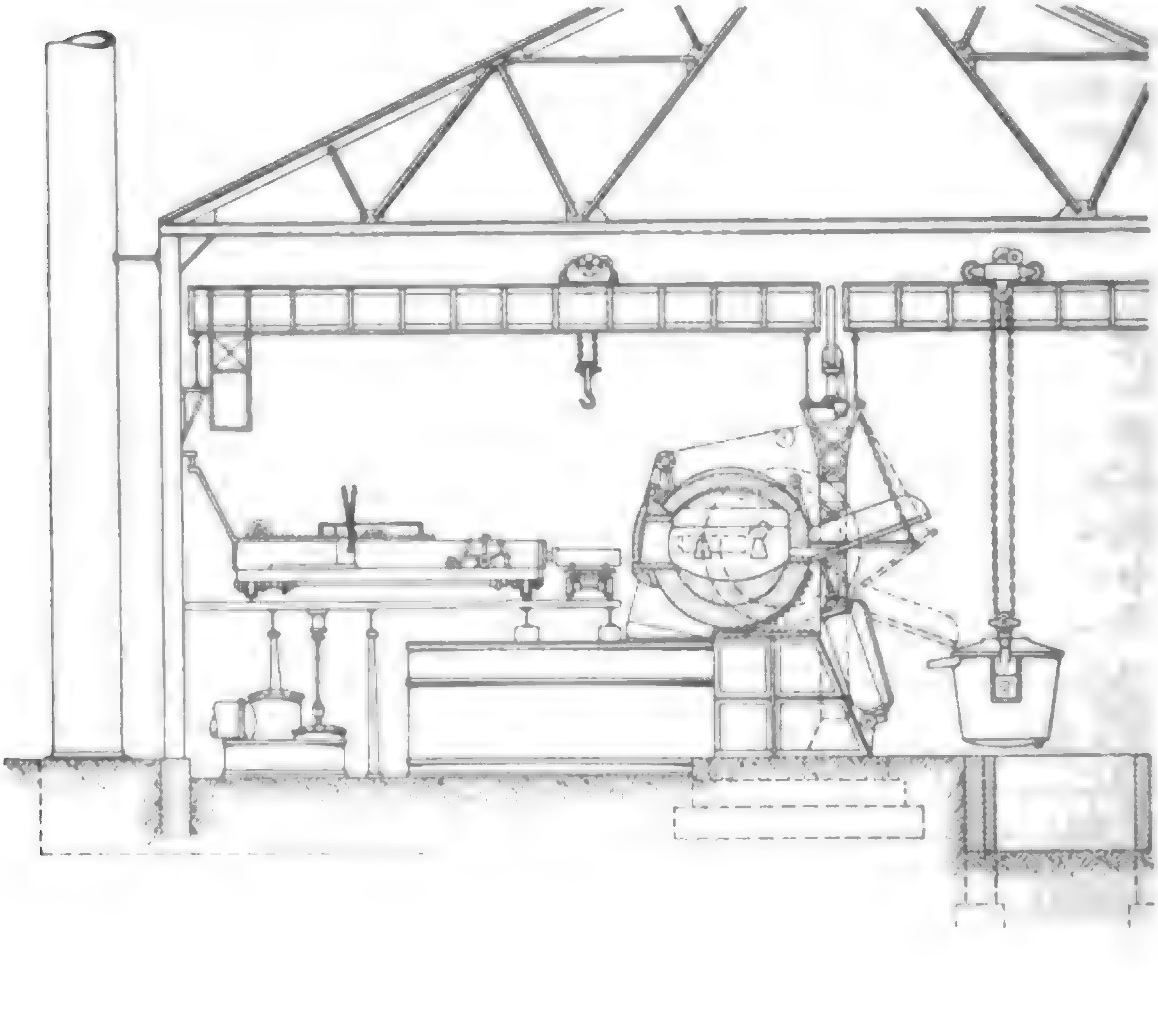


Fig. 290.



Digitized by Google

Richards und Hunt liefsen sich die Anwendung von Ferro-Mangan-Aluminium als Desoxydationsmittel patentieren (Amer. Pat. Nr. 501 233).

1895 hatten in Deutschland die Schachtgeneratoren mit Unterwindbetrieb, von denen sich beispielsweise der S. 425 abgebildete von Taylor bewährt hatte, die alten Siemensgeneratoren verdrängt. Die Gase der Schachtgeneratoren Westfalens enthielten 28 Prozent Kohlenoxydgas und 12 Prozent Wasserstoffgas, wurden dieselben aber mit überhitztem Dampf und vorgewärmtem Wind betrieben, so betrug der Gehalt an Kohlenoxyd 39 und an Wasserstoff 14 Prozent[1]). Für die Regulierung von Gas und Luft hatte sich die Glockensteuerung gut bewährt; in Österreich zog man teilweise Muschelschieber vor[2]) Verbesserte Wechselklappen und Wechselglocken für Regenerativ-Gasöfen fertigten seit 1895 Gerlach & Bömcke in Dortmund an[3]). Ebenso erfand Franz Svoboda in Altsohl einen solchen 1896 (D.R.P. Nr. 93 265).

Jedem Ofen gab man ein eigenes gutziehendes Kamin. Die Wichtigkeit der richtigen Mischung von Gas und Luft vor dem Eintritt in den Schmelzraum wurde allgemein erkannt und berücksichtigt.

Auf dem Princip, Gas und Luft nicht im Ofen, sondern in einer Kammer in der Kopfseite des Ofens zu mischen und die Hitze im Schmelzraum durch die Kammertemperatur zu regulieren, beruhte die von Franz Svoboda in Altsohl erfundene Reguliervorrichtung mit Umschalteglocke (D. R. P. Nr. 93 265 vom 13. Mai 1896[4]). Den Gedanken selbst hatte bereits Schönwalder bei seinem Ofen ausgeführt. Er bediente sich einer Klappenregulierung.

Die Verbesserungen der Generatoren und der Gasventile haben wesentlich zu den Fortschritten des Martinprozesses beigetragen.

R. M. Daelen empfahl 1897 in der Hauptversammlung der Deutschen Eisenhüttenleute das Roheisen direkt vom Hochofen in einem fahrbaren Konverter vorzufrischen und in den Flammofen zu entleeren. Einen ähnlichen Vorschlag hatte W. Schmidhammer schon 1891 gemacht.

Der Berthrand-Thielprozefs von Direktor E. Berthrand in Kladno und O. Thiel, Kaiserslautern[5]) will die Chargendauer bei dem Martin-

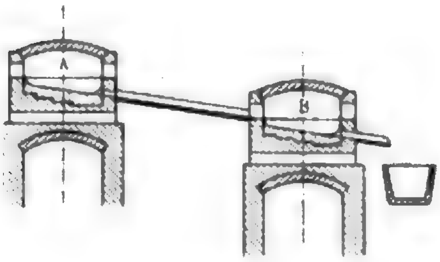
---

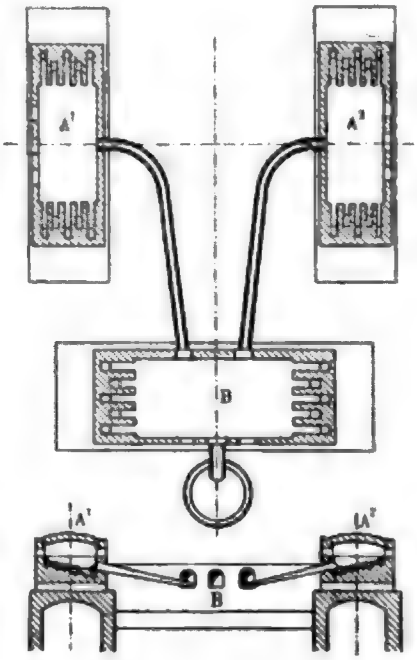
[1]) Siehe Springorum in Stahl und Eisen 1897, S. 396.
[2]) W. Schmidhammer in Stahl und Eisen 1897, S. 622.
[3]) Siehe Stahl und Eisen 1895, S. 388.
[4]) Daselbst 1897, S. 924 und 1898, S. 215.
[5]) Siehe Stahl und Eisen 1897, S. 403 u. 733; 1898, S. 86, 146.

Digitized by Google

prozefs durch Kombination mehrerer Flammöfen, Fig. 291, zu gemeinsamem Betrieb abkürzen. Dies geschieht in der Weise, dafs in dem einen, höher gelegenen Ofen das Vorfrischen des Roheisens stattfindet; das vorgefrischte Metall wird dann in einen tiefer gelegenen Ofen, in dem inzwischen der Schrott vorgewärmt worden

Fig. 291.





war, abgestochen und nun die Charge in dem unteren Ofen fertig gemacht, während in dem oberen Ofen ein neuer Roheisenposten vorgefrischt wird.

In Kladno, wo dieser Betrieb 1897 eingeführt wurde, war nach Angabe von O. Thiel der obere Ofen für 13, der untere für 24 Tonnen Eiseneinsatz. Sollte mit hohem Roheisenprozentsatz gearbeitet werden, so wurde auch in den unteren Öfen Roheisen mit dem Schrott aufgegeben. Der Abstich des sehr heifsen Metalles des oberen Ofens erfolgte nach zwei Stunden. Nachdem es mit dem im Schmelzen begriffenen Schrott im unteren Ofen in Berührung gekommen war, trat eine sehr heftige Reaktion ein, so dafs die Charge in diesem nach $1^1/_2$ bis 2 Stunden fertig war, während dies bei dem früheren Verfahren 5 Stunden erforderte.

Will man mit sehr hohem Roheisenzusatz arbeiten, so empfiehlt es sich, zwei Vorfrischöfen mit einem Schrottofen zu kombinieren, wie es oben skizziert ist. Die Verteilung der Frischarbeit auf zwei Öfen erleichtert die Darstellung verschiedener Qualitäten von Flufsmetall; sie gestattet mit flüssigem Roheisen vom Hochofen zu arbeiten, erfordert weniger Kalkzuschlag und erspart deshalb Brennmaterial. Der rasche Verlauf des Prozesses bewirkt eine Steigerung der Produktion, während die Ofenwände weniger rasch zerstört werden. Das Ausbringen ist ein höheres.

Infolge dieser günstigen Aussichten wurde dieses Verfahren seit-

Digitized by Google

dem auf mehreren grofsen Werken, so z. B. auch von Schneider & Co. zu Creuzot, eingeführt.

Die Vorschläge, Roheisen in basischen Birnen vorzufrischen und in Formen zu giefsen, diese Stahlflossen in den Handel zu bringen, um in Martinöfen eingeschmolzen und verfrischt zu werden, scheinen bis jetzt keinen Erfolg gehabt zu haben.

Um das Roheisen aus dem Hochofen in billiger Weise für den Herdofen vorzufrischen, haben L. Pszezolka in Wien und R. M. Daelen 1898 sich ein Verfahren patentieren lassen, bei dem das flüssige Metall in einem Behälter durch heifsen Hochofengebläsewind vorgefrischt und dann in den Herdofen eingegossen wird (D. R. P. Nr. 104 576 und 106 576).

A. Sattmann sucht dasselbe dadurch zu erreichen, dafs er das Eisen in einem schmalen, kaskadenförmigen Vorfrischherde der oxydierenden Stichflamme der Herdofengase aussetzt, ehe es in den Herdofen gelangt. (Engl. Pat. Nr. 7287, D. R. P. Nr. 105 281 vom 25. März 1898 [1]). Hierdurch wird der Zusatz von kaltem, gefrischtem Eisen vermieden.

Die phosphorsäurehaltigen Schlacken des basischen Martinbetriebes haben bis jetzt noch keine Verwendung als Düngemittel in der Landwirtschaft gefunden, teils ihres hohen Kieselsäure- und Eisengehaltes, teils ihres geringen Phosphorsäuregehaltes wegen. O. Thiel schlug vor [2]), sie durch Zusatz von Phosphorit beim Schmelzen anzureichern und dadurch wertvoller und verkäuflich zu machen.

Im allgemeinen geht neuerdings das Streben dahin, den Siemens-Martinöfen einen gröfseren Fassungsraum zu geben, besonders ist dies in England und Amerika der Fall. Die 1898 erbaute Anlage der Blochairn-Stahlwerke enthält eine Batterie von zehn 40-Tonnenöfen. Zu Barrow-in-Furnefs [3]) sind 1899 vier 50-Tonnenöfen erbaut worden. Öfen von demselben Fassungsraum führte die Carnegie-Stahlgesellschaft in Homestead (Pa.) auf. Neuerdings hat man in Amerika sogar Öfen für 75 Tonnen Einsatz errichtet.

In Amerika ist das Princip der kippbaren Martinöfen mit Erfolg weiter ausgebildet worden. Der erste Ofen dieser Art wurde, wie bereits erwähnt, 1889 von H. H. Campbell auf den Steeltonwerken der Pennsylvanischen Stahlgesellschaft errichtet [4]). Man steigerte ihren Fassungs-

---

[1]) Stahl und Eisen 1899, S. 889 und 956.
[2]) Daselbst 1898, S. 750.
[3]) Daselbst 1899, S. 1016.
[4]) Daselbst 1899, S. 536.

Digitized by Google

raum von $4^1/_2$ auf 45 Tonnen. Sie waren mit basischem Futter versehen. Der Ofen drehte sich um seine Achse. Etwas später baute S. T. Wellman auf dem Martinwerke der Illinois Steel Company[1]) seine Kippöfen, die als Schaukeln eingerichtet sind und nach vorn gerollt oder gekippt werden. Diese Öfen fanden gröfsere Verbreitung und wurden mehr-

Fig. 292.

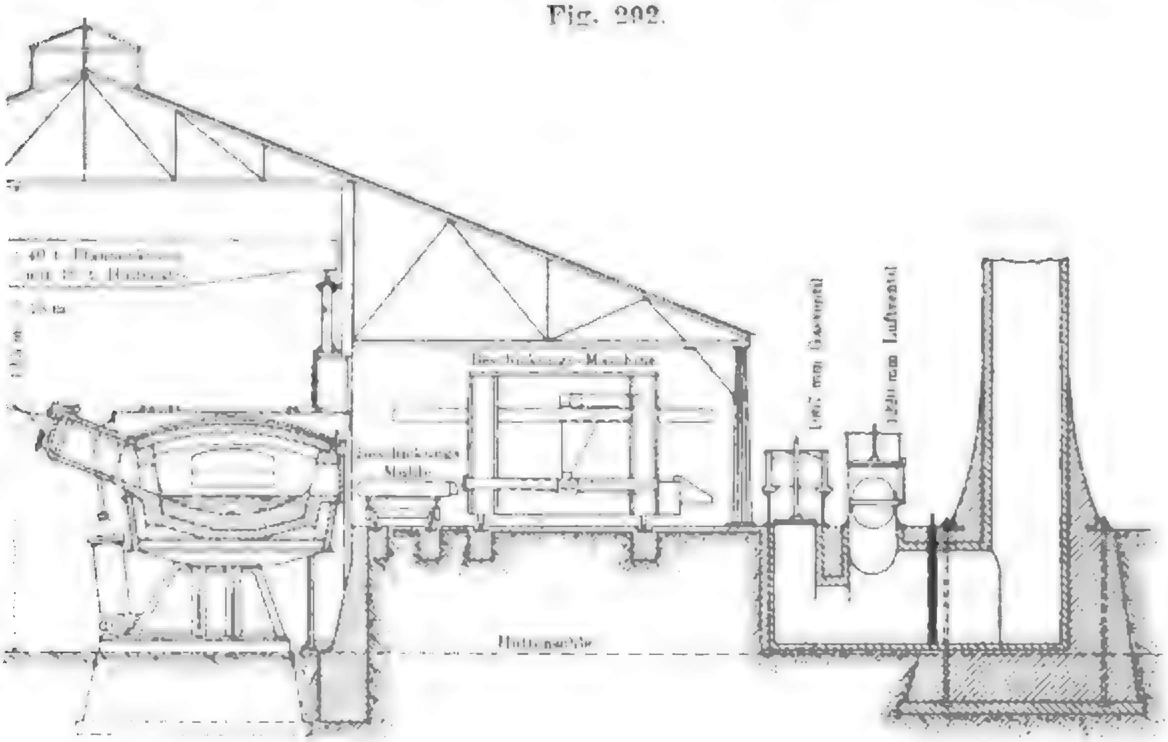
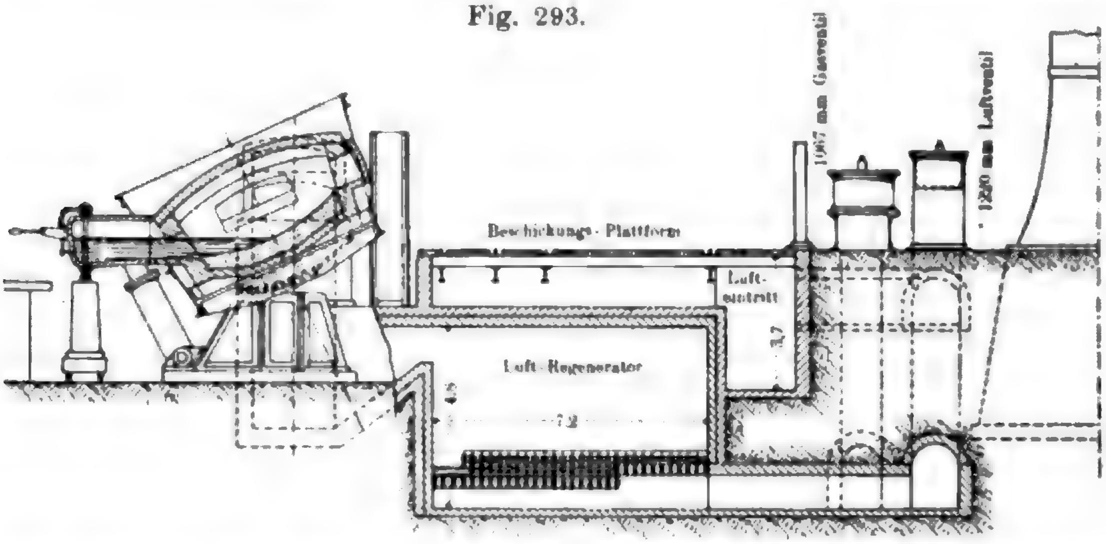


Fig. 293.



fach verbessert. Fig. 292 und 293 zeigen einen solchen der Alabama Steel and Shlipbuilding Co. in Ensby. Sie sind für 50 Tonnen Einsatz und mit elektrischer Beschickung eingerichtet. Zum direkten Gufs hat man die Kippöfen in Amerika neuerdings mit Vorherd versehen, wodurch die Giefspfanne gespart werden soll[2]).

[1]) A. a. O. 1895, S. 799; 1899, S. 537.
[2]) Stahl und Eisen 1900, S. 882.

Digitized by Google

Benjamin Talbot[1]) baute auf den Pencoyd Iron-Works Öfen dieser Art von ca. 100 Tonnen Fassungsraum und führte kontinuierlichen Betrieb in der Weise ein, dafs von der ganzen Charge etwa 70 Tonnen abgegossen und die zurückbleibenden 30 Tonnen das Bad für das flüfsig zugesetzte Roheisen bilden. Man kann hierdurch den Betrieb ohne Schrott führen, was bei der zunehmenden Ausbreitung des Herdstahlprozesses von Wichtigkeit ist. — P. Eyermann[2]) schlägt einen Verbundofen, d. h. eine Kombination von Bessemerbirne und Martinofen vor.

Bei gutem Betriebe einfacher 15-Tonnenöfen werden jetzt (1900) in Deutschland fünf bis sechs Hitzen in 24 Stunden gemacht. Bei dem Bertrand-Thiel-Prozefs, der mit zwei Herden arbeitet, werden in Kladno sieben bis acht Chargen in 24 Stunden bei einem Roheisen von 1,5 Prozent Phosphor und 1 Prozent Silicium erreicht[3]).

Das Martinieren mit in der Birne vorgefrischtem Roheisen nach dem Verfahren von Daelen-Pszezolka, das jetzt (1900) auch in Czenstochau, Russisch-Polen, in gutem Betriebe ist, gestattet sieben Chargen in 24 Stunden[4]).

Cement- und Tiegelgufsstahl.

Seit der Ausbreitung der Flufsstahlfabrikation hat sich die Tiegelstahlfabrikation noch mehr wie früher auf die Erzeugung von Qualitätsstahl beschränkt. Noch gröfseren Abbruch erfuhr dadurch die Cementstahlfabrikation. Gärbstahl oder Raffinierstahl aus Cementstahl wurde kaum mehr hergestellt, weil sich die Fabrikation nicht mehr lohnte und Cementstahl für Tiegelgufsstahl wurde nur noch da gemacht, wo man besten Werkzeugstahl erzeugen wollte, wie in Kapfenberg in Steiermark, in Remscheid in Westfalen und besonders in Sheffield in England. Wo es sich um gröbere Stahlartikel handelte, wendete man zur Herstellung des Tiegelstahls, wenn derselbe überhaupt noch gegenüber dem billigeren Konverter- oder Flammofenflufsstahl in Frage kam, gepuddelten Stahl oder noch billigere Sorten an.

Die Cementstahlfabrikation trat hierdurch mehr und mehr in den Hintergrund und wurde nach und nach fast überall aufgegeben.

---

[1]) Daselbst S. 263 und 311.
[2]) A. a. O. 1899, S. 310.
[3]) Stahl und Eisen 1900, S. 782.
[4]) Daselbst S. 750.

Digitized by Google

Von Fortschritten in diesem Betriebszweige ist deshalb nicht viel zu berichten. Dagegen hat sich die Wissenschaft mit Eifer bemüht, die chemischen und physikalischen Vorgänge bei der Cementation möglichst klarzustellen. Zwei hierauf bezügliche Arbeiten verdienen besonders erwähnt zu werden, eine mehr chemische von Boussingault von 1874 [1]) und eine mehr metallurgische von Reinhard Mannesmann von 1879 [2]). Die chemischen Veränderungen eines aus Holzkohlenroheisen von Rio dargestellten Puddeleisens bei der Cementation ergaben sich wie folgt:

	Vor der Cementation	Nach der Cementation	
		in schwächster Hitze	in stärkster Hitze in der Kiste
Eisen	0,99100	0,98200	0,97650
Gebundener Kohlenstoff	0,00118	0,00995	0,01512
Silicium	0,00105	0,00107	0,00120
Schwefel	0,00012	0,00006	0,00005
Phosphor	0,00100	0,00125	0,00130
Mangan	0,00222	0,00220	0,00218
Nicht bestimmte Stoffe	0,00343	0,00347	0,00365
Summa	1,00000	1,00000	1,00000

Bemerkenswert ist hierbei, dafs mit der Aufnahme von Kohlenstoff gleichzeitig die Hälfte des Schwefels verschwindet. Gute Gufsstahlsorten enthalten keinen Schwefel mehr. Die Blasenbildung leitet Boussingault von Wasserstoffgas her, welches das Eisen durchdringt. Reinhard Mannesmann hält es für unwahrscheinlich, dafs bei der Cementation die Kohlung durch Kohlenoxydgas bewirkt werde. Hiergegen spricht auch der Versuch, dafs Roheisen mit Spiegeleisen umgossen nach kurzem Glühen mit einer 1 mm dicken Stahlschicht bedeckt erscheint. Mannesmann nimmt deshalb eine Wanderung der Kohlenstoffatome an.

J. O. Arnold und A. M'William haben neuerdings nachgewiesen, dafs das Eindringen des Kohlenstoffs beim Cementieren in zwei verschiedenen Arten vor sich geht [3]).

Hier verdient auch ein eigentümliches Cementationsverfahren, das

[1]) Comptes rendus etc. LXXVIII; Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1874, S. 207.

[2]) E. Mannesmann, Vorgänge bei der Cementstahlbereitung in den Verhandlungen des Vereins zur Förderung des Gewerbefleifses in Preufsen 1879, Heft 1, S. 31.

[3]) Siehe Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1898, S. 665.

Digitized by Google

anfangs der siebziger Jahre in den Vereinigten Staaten angewendet wurde, Erwähnung. Man schmolz Magneteisenstein zu einer breiartigen Masse und hierin weifses Roheisen ein. Tauchte man Eisen in dieses Bad ein, so wurde es cementiert und in Stahl verwandelt. Es ist dies derselbe längst bekannte Vorgang, den schon Biringuccio beschrieben hat[1]) und der der Brescianstahlarbeit und anderen alten Stahlfrischprozessen zu Grunde liegt.

Sheffield, welches nach wie vor die klassische Heimat des vorzüglichen englischen Werkzeugstahls blieb, hielt hartnäckig an den alten Überlieferungen der Gufsstahlbereitung fest. Zu diesen gehörte vor allen die Cementstahlbereitung aus reinstem schwedischem Holzkohleneisen, das aus den besten Dannemoraerzen mit Holzkohlen im Hochofen geschmolzen und dann mit Holzkohlen in Frischherden in Schmiedeeisen dargestellt worden ist. Gothenburg, Stockholm und Gefle waren seit alters die schwedischen Häfen, von denen dieses Produkt nach Hull verschifft wird. Der gröfste Teil geht von hier zu Wasser nach Sheffield, während ein kleinerer Teil nordwärts nach West-Hartlepool und südwärts nach London weiter geht. Man kauft folgende Marken:

Dannemora-Stabeisenmarken.

Ordinäre:	Mittlere:	Beste:
C and Crown	Hoop F.	Double Bullet
Gridiron	J. B.	G. L.
Little S.	W and Crown	Hoop L.
Stenbuck		

Die Einteilung des Cementstahls ist folgende:

1. Spring Heat (Federstahl)	enthält	$1/2$	Prozent	Kohlenstoff
2. Country Heat (Schweifsstahl . .	„	$5/8$	„	„
3 Simple Spear Heat (harter Gufsstahl)	„	$3/4$	„	„
4. Double Spear Heat (Meifselstahl)	„	1	„	„
5. Steel Through Heat (Werkzeugstahl, sehr hart)	„	$1 1/4$	„	„
6. Melting Heat (Feilenstahl, kaum schweifsbar)	„	$1 1/2$	„	„

[1]) Siehe Bd. I, S. 632; Bd. II, S. 248.

Macintosh hatte schon 1825 vorgeschlagen, die Cementation in Kohlengas, d. h. einem Gemenge von Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoffgas, vorzunehmen. Die Stäbe sollten senkrecht in Kammern aufgestellt, erhitzt und das entschwefelte Gas durchgeleitet werden. Das Verfahren gab angeblich gute Resultate, war aber zu teuer. Man hat dieses Verfahren auch in den siebziger Jahren wieder versucht, aber ohne praktischen Erfolg.

Th. J. Barrow machte Anfang der siebziger Jahre grobe Stahlwerkzeuge in der Weise, dafs er sie aus Gufseisen in Formen gofs, sie sodann in Eisenoxyd glühte, um sie in Schmiedeeisen überzuführen, und sie zuletzt in glühenden Retorten einem Strom von Gasolin und reinem Holzkohlengas aussetzte, wodurch sie zu Stahl cementiert wurden. Die Werkzeuge wurden alsdann getempert, geschliffen und poliert.

1877 wollte man Bessemer- und Martinstahl in der Weise für feinen Tiegelgufsstahl verwenden, dafs man Stäbe davon in einem mit Kohlenstickstoff getränkten Brennmaterial cementierte.

J. G. Bates nahm 1891 ein Patent (D. R. P. Nr. 57729) auf den Zusatz von Kryolith zum Cementierpulver und Th. Langer liefs sich in demselben Jahre (D. R. P. Nr. 55544) ein Gemenge von 15 Tln. Salz, 1 Tl. Borax und 5 Tln. gelbem Blutlaugensalz mit einem kleinen Zusatz von gebrannten Hornspänen als Härtepulver für Schmiedeeisen-Tempergufs patentieren. Für denselben Zweck schlugen Coomes und Hyde (D. R. P. Nr. 57880) eine konzentrierte Lösung von Kochsalz, Zucker und Salmiak vor. Le Garnier empfahl 1893 die Anwendung des elektrischen Stromes zur Beschleunigung der Cementation.

Der gröfste Fortschritt der Tiegelgufsstahlfabrikation bestand in der Einführung der Siemens-Regenerator-Schmelzöfen, welche die Produktion erhöhten und den Brennstoffverbrauch verringerten. Man vergröfserte diese Öfen mehr und mehr. 1880 hatte man schon Flammschmelzöfen für 40 Tiegel. Da man die Tiegel nur in zwei Reihen aufstellte, wurden diese Öfen sehr lang. Natürlich erfuhren die Siemens-Stahlschmelzöfen vielerlei Abänderungen je nach den Verhältnissen und wurden viele Patente auf diese abgeänderten Konstruktionen genommen.

Um 1875 fand in den Vereinigten Staaten der Swindell-Ofen gröfsere Verbreitung.

Für den Gufs kleiner Stahlgufswaren erwies sich Piats beweglicher Tiegelschmelzofen (Fig. 294), der zuerst auf der Pariser Ausstellung 1889 die Aufmerksamkeit erregte, als zweckmäfsig. Bei diesem wurde

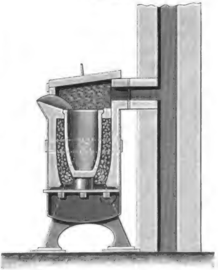
Digitized by Google

nicht der Tiegel, der fest eingebaut war, sondern das ganze Öfchen gekippt, ähnlich wie bei den Reaumurschen Kippöfen für Gufseisen. Das Kippen konnte mechanisch geschehen.

J. M. Gledhill[1]) liefs sich 1898 Tiegelöfen mit beweglichen Böden patentieren (E. P. 1898, Nr. 2817).

Die besten Tiegel bestanden aus Graphit, gutem feuerfestem Thon und Chamotte; da dieselben aber teuer waren, suchte man sie durch Thontiegel oder andere billigere Mischungen zu ersetzen.

Fig. 294.



Die Zusammensetzung der Tiegelsubstanz war von grofsem Einflufs auf den Stahl. Troost und Hautefeuille hatten schon vor 1883 nachgewiesen, dafs Silicium aus der Tiegelwand reduziert und von Stahl gelöst wird. Bei quarzhaltigen Tiegeln war dies in höherem Mafse der Fall als bei reinen Thontiegeln und bei diesen wieder mehr als bei Bauxittiegeln. Dr. Friedr. C. G. Müller[2]) wies 1885/86 nach, dafs eine Siliciumaufnahme bis 0,3 Prozent auch im Graphittiegel stattfinden kann, dafs dabei der Kohlenstoffgehalt aber nicht vermindert wird, während in Thontiegeln ohne Graphit das Silicium den Kohlenstoff teilweise oft bis zur Hälfte verdrängt. In Graphittiegeln betrug dabei die Anreicherung des Siliciums das Doppelte bis Dreifache derjenigen bei den graphitfreien Tiegeln. Dabei schmolz der Stahl im Graphittiegel ruhig, im Thontiegel aber unruhig und gab blasige Güsse. Nach Ledebur[3]) befördert ein Mangangehalt die Reduktion der Kieselsäure und die Siliciumaufnahme, während Müller dies anfangs in Abrede stellte. Nach Albano Brand[4]) erfährt der Stahl

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 890.
[2]) Daselbst 1888, S. 180.
[3]) Daselbst 1885, S. 603.
[4]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1885, S. 695.

Digitized by Google

in Koks-Thontiegeln nur geringe Veränderungen beim Schmelzen, doch sind Graphittiegel für Qualitätsstahl vorzuziehen. Für basische Tiegel empfiehlt er Magnesit mit 8 Tln. Thonerde und Teer als Bindemittel.

Diese Untersuchungen und weitere über den Einflufs des Siliciums auf den Tiegelgufsstahl beim Schmelzen waren mit angeregt worden durch einen Vortrag von H. Seebohm [1]), in dem dieser zum erstenmal auf die Wichtigkeit des Nachkochens, in Sheffield „Killing" genannt, hinwies.

Es ist in Sheffield beim Schmelzen des guten Tiegelstahls Gebrauch, den Stahl nach dem Schmelzen im Ofen bei hoher Hitze noch eine halbe Stunde nachkochen, sich dann beruhigen und auf die erforderliche Temperatur abkühlen zu lassen, um dichte, gute Güsse zu erhalten. Gerade hierbei findet die Aufnahme von Silicium aus der Tiegelwand statt. Das reducierte Silicium wirkt hier gerade so, wie bei dem Zusatz von Eisensilicid oder Eisen-Mangansilicid zu Flufseisen zur Erzielung blasenfreier Güsse. Dafs die Anwesenheit von Mangan hierbei sehr förderlich ist, hat auch Dr. Friedr. C. G Müller bei seiner weiteren Untersuchung [2]) gefunden. Mangan wirkt bei der hohen Temperatur noch energischer wie das Eisen auf die Kieselsäure der Tiegelwand ein, indem es einem Teil der Kieselsäure Sauerstoff entzieht und zu Silicium reduciert, während sich das gebildete Mangan mit einem anderen Teile der Kieselsäure verschlackt ($2\,Mn + 3\,SiO^2 = Si + 2\,SiMnO^3$). Auf diesem Vorgang beruht die garende Wirkung bei dem Nachkochen, wobei das Silicium als Träger des Prozesses erscheint. Beste englische Gufsstahlsorten enthalten bis zu 0,5 Prozent Silicium. Auch M. Böcker [3]) ist der Ansicht, dafs Silicium und Mangan für die Herstellung von gutem Tiegelstahl unentbehrlich seien, dagegen erhöhe der Gehalt von Silicium und Mangan keineswegs die Güte des Gufsstahls. Nach Böcker soll idealer Gufsstahl nur Eisen und Kohlenstoff enthalten, jede Beimengung beeinträchtige die Güte desselben und zwar geschähe dies von den gewöhnlichen Beimengungen des Roheisens in folgender abnehmender Reihe: 1. Phosphor, 2. Schwefel, 3. Kupfer, 4. Silicium, 5. Mangan. Mangan und Silicium können erwünschte Beimengungen sein, wenn der Stahl noch weiter im Feuer verarbeitet wird, indem dann diese Körper ihn vor Verbrennen schützen.

---

[1]) Abgedruckt im Journal of the Iron and Steel Institute 1884, p. 372.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1886, S. 695.
[3]) Daselbst S. 33.

Digitized by Google

Die Härte des Gufsstahls hängt unmittelbar von dem Kohlenstoffgehalt ab. Die in Sheffield üblichen sieben Härtegrade entsprechen folgenden Kohlenstoffgehalten:

1.	Rasiermesserstahl (razor temper) . . .	$1\frac{1}{2}$	Prozent Kohlenstoff
2.	Sägefeilenstahl (saw-file temper) . . .	$1\frac{3}{8}$	„ „
3.	Drehstahl (tool temper)	$1\frac{1}{4}$	„ „
4.	Spindelstahl (spindle temper)	$1\frac{1}{8}$	„ „
5.	Meifselstahl (chisel temper)	1	„ „
6.	Setzmeifselstahl (set temper).	$\frac{7}{8}$	„ „
7.	Matrizenstahl (die temper)	$\frac{3}{4}$	„ „

In Remscheid bezeichnet man deshalb jetzt die Härtegrade einfach nach Nummern, die mit Zehntel-Kohlenstoffgehalt übereinstimmen, so dafs Nr. 8 ein Stahl von 0,8 Prozent, Nr. 10 ein Stahl von 1,0 Prozent, Nr. 15 ein Stahl von 1,5 Prozent Kohlenstoffgehalt ist. Zwischen diesen Grenzen liegen die guten Werkzeug-Tiegelstahlsorten. Wolframstahl bezeichnet man seiner grofsen Härte wegen mit Nr. 20.

Auf der oben angeführten Wirkung des Mangans beruht der Vorschlag von C. Y. Hermelin[1]), dem Cementstahl nach dem Schmelzen im Tiegel einen Zusatz von Spiegeleisen zu geben. Wenn auch die wichtigste Bedeutung der Tiegelstahlfabrikation im Qualitätsstahl besonders für Werkzeuge liegt, so verwendete man dieselbe doch auch in dieser Periode noch zur Herstellung grober Waren, wofür man dann selbstverständlich billigeres Material einschmolz. Dieser Verwendung des Tiegelstahls hat allerdings die Erfindung des Konverter- und des Flammofenstahls Abbruch gethan, dennoch ist sie noch in Gebrauch, wo es sich um eine besondere Qualität, die man am sichersten im Tiegel erhalten kann, handelt, oder bei besonderen Güssen, wo man jetzt auch oft den Tiegelgufs in Verbindung mit dem Flammofengufs anwendet. Wie bekannt, war es zuerst Alfred Krupp in Essen, dem es gelang, erstaunlich grofse Stahlstücke aus Tiegelstahl herzustellen, was er durch die Grofsartigkeit seiner Schmelzanlagen und das fast militärisch organisierte Zusammenwirken der Schmelzarbeiter erreichte. Dieses System, das sich bei Krupp so glänzend bewährt hatte, wurde in den siebziger Jahren auch in anderen Stahlwerken eingeführt, so in Rufsland in dem Obuchowskischen Stahlwerke bei Alexandrowsky, wo namentlich für die schweren Kanonen der kaiserlichen Marine grofse Gufsblöcke verlangt wurden.

---

[1]) Siehe Jern kontor. Ann. 1887, S. 338.

Digitized by Google

Es gelang dem Direktor Obuchow (Obouchkow, Abukoff) vor 1875, Güsse von 40 Tonnen Gewicht aus 1200 Tiegeln zu giefsen. Hierfür wurde Roheisen und Schmiedeeisen eingeschmolzen, beide Materialien allerdings von besonderer Güte. Es war Holzkohlenroheisen vom Ural und Stabeisen aus Sibirien. In Amerika verwendete man mit Vorliebe den sehr reinen mit Holzkohle erzeugten Rennstahl für guten Tiegelgufsstahl.

Charles Attwood machte zu Wolsingham in England aus Eisen von Weardale und Spiegeleisen Anfang der siebziger Jahre einen guten Tiegelgufsstahl, der aber zu teuer war, um mit Bessemerstahl konkurrieren zu können. — Unter vielen anderen Versuchen erwähnen wir noch das Verfahren von C. Casper (1889), welcher reines Flufseisen granuliert und die Granalien im Tiegel unter Zusatz von Kienrufs und Magnesia einschmilzt (D. R. P. Nr. 47211).

An die Fabrikation des Tiegelgufsstahls, worunter ein Produkt von Eisen und Kohlenstoff verstanden wird, reiht sich die Fabrikation der sogenannten Specialstahle[1]) an, welche aufser den genannten Elementen noch einen anderen Körper, der seine Güte, meistens seine Härte erhöhen soll, enthält, weil diese Specialstahle ursprünglich ebenfalls in Tiegeln hergestellt wurden. Es geschieht dies noch für kleinere Güsse, während man grofse Güsse oder Massenartikel jetzt öfter aus dem Flammofen giefst. Die Elemente, die man zur Herstellung dieser Specialstahle dem gekohlten Eisen zusetzt, sind besonders Mangan, Wolfram, Chrom, Phosphor, Silicium, Aluminium, Kupfer, Nickel und Titan.

Mushets Titanstahl war, wie schon früher erwähnt wurde, in Mifskredit geraten, weil wiederholte chemische Analysen kein Titan in dem danach benannten Stahl nachweisen konnten. Dagegen erfreute sich der Manganstahl besonders als Meifselstahl grofser Anerkennung.

Robert und David Mushet hatten 1830 bereits einen Manganstahl mit angeblich 30 Prozent Mangan im Tiegel erzeugt. Doch blieb es bei dem Laboratoriumsversuch. Die als Ferromangan bekannte Legierung, welche als Ersatz für Spiegeleisen bei der Flufsstahlfabrikation Verwendung findet, haben wir schon erwähnt. Es ist eine Legierung mit hohem Kohlenstoffgehalt (bis 7,5 Prozent), die hart und spröde ist. A. Pourcel führte 1867 in Terrenoire die Erzeugung von sehr weichem Flufsstahl mit Hülfe von 80prozentigem Ferro-

[1]) Im kleinen werden die nachbeschriebenen Specialstahle und Legierungen von C. W. S. Biermann in Hannover dargestellt und verkauft.

Digitized by Google

mangan ein. Da dieses seit Anfang der siebziger Jahre in gröfseren Mengen verwendet wurde, versuchte man dasselbe unmittelbar im Hochofen zu erzeugen, und es gelang zuerst in Krain im Jahre 1872, eine solche Legierung mit 28 Proz. Mangan im Hochofen herzustellen. 1873 erhielt das auf der Wiener Ausstellung vorgeführte Produkt schon 37 Prozent Mangan und 1874 erzeugten die beiden Hütten Jauerburg und Sawa bereits Ferromangan von 40 bis 50 Prozent Mangan. In den Vereinigten Staaten stellte in den folgenden Jahren W. G. Ward zu Casterville, Georgia, 50prozentiges Manganeisen im Hochofen dar. Auch im Kupolofen gelang es, Ferromangan mit 75 Prozent Mangan herzustellen, indem man Ziegel aus mit schwacher Säure angefeuchteten Eisenfeilspänen und Braunsteinpulver herstellte und schmolz. Das im Tiegel nach Hendersons Patent 1876 dargestellte Ferromangan enthielt bereits 75 Prozent Mangan. Später erhielt man im Tiegel sogar Produkte mit 80 bis 85 Prozent Mangan.

Dafs ein Manganzusatz dem Gufsstahl gröfsere Härte verleiht, war bekannt, und es brachte zuerst die von Mayrsche Gufsstahlhütte zu Kapfenberg einen Mangangufsstahl in den Handel. Hierbei ersetzt nach Gautiers[1]) Ansicht (1876) Mangan einen Teil des Kohlenstoffs, denn ein Manganstahl mit 0,38 Kohlenstoff und 1,38 Mangan ist hart, während er seinem Kohlenstoffgehalt nach zu den weichen gehören müfste.

Genauere Untersuchungen über Manganstahl und besonders über höhere, stahlähnliche Mangan-Eisenlegierungen veröffentlichte J. A. Hadfield seit 1882. Zusammengefafst sind die Ergebnisse derselben in einem Vortrage, den er 1888 im Institute of civil engineers hielt. Hiernach verbessert ein Zusatz von Mangan bis zu 2,75 Prozent den Gufsstahl, indem es seine Härte erhöht, ohne seine übrigen Eigenschaften zu beeinträchtigen. Vermehrt man den Zusatz über 2,75 Prozent, so wird das Produkt spröde und unbrauchbar und zwar bis zu einem Zusatz von 7 Prozent. Überschreitet der Mangangehalt 7 Prozent, so erhält man in den Grenzen von 7 bis 20 Prozent ein Metall von ganz anderen Eigenschaften, aber von ungewöhnlicher Stärke und Zähigkeit. Dieses Produkt ist kaum mehr als Stahl zu bezeichnen, sondern zeigt mehr Ähnlichkeit mit manchen Legierungen, wie z. B. der Bronze. Es wird beim Ablöschen in Wasser nicht härter, sondern eher weicher und zäher; bei 12,5 Prozent Mangangehalt wird es gänzlich unmagnetisch. Übrigens verhält es sich innerhalb der oben

[1]) The Iron and Coal Trade Review 1876; Chem. Centralblatt 1876, S. 736.

Digitized by Google

angegebenen Grenzen durchaus nicht gleich. Bei 2½ Prozent Mangan vermindern sich Festigkeit und Dehnbarkeit, während die Härte zunimmt, die bei 6 Prozent ihr Maximum erreicht. Bei 7 bis 10 Prozent Mangan nehmen Härte und Sprödigkeit etwas ab, Festigkeit und Dehnbarkeit dagegen zu[1]). Am vorteilhaftesten ist die Legierung mit 12 bis 14 Prozent Mangan, die eine Zerreifsfestigkeit von 100 kg pro Quadratmillimeter und eine Dehnung von 44 bis 50 Prozent bei einer Stablänge von 203 mm zeigt, also bei gröfster Härte eine Zugfestigkeit wie das weichste Eisen[2]). Eisenmanganstahl (Hadfieldstahl) von 17 bis 20 Prozent Mangan zeigt die dreifache Festigkeit wie gewöhnlicher Stahl. Für manche besondere Zwecke kann derselbe also sehr vorteilhaft sein. Die Darstellung erfolgt durch Zusatz von geschmolzenem reichen Ferromangan zu vollständig entkohltem heifsflüssigen Martin- oder Thomasstahl unter Umrühren[3]). Der Hadfieldstahl läfst sich schmieden und walzen wie ein harter Kohlenstoffstahl mit 1,25 bis 1,50 Prozent Kohlenstoff.

Der vorzügliche Werkzeug-Tiegelgufsstahl, den Gebrüder Böhler & Co. unter der Bezeichnung „Rapid" in Kapfenberg herstellen, enthält nur etwa 1 Prozent Mangan[4]).

Ein anderer Specialstahl von aufsergewöhnlicher Härte ist der Wolframstahl. Dieser war zuerst 1855 von Jakob in Österreich, dann 1857 von Oxland in England dargestellt worden und wurde sodann von Mayr in Leoben 1858 als Handelsartikel dargestellt. 1861 folgte Mushet mit seinem Specialstahl, der etwa 8 Prozent Wolfram enthielt, während der Wolframstahl von Mayr wenig mehr als 1 Prozent enthielt. In Deutschland beschäftigte sich die Bochumer Gufsstahlfabrik Ende der sechziger Jahre mit der Herstellung eines Wolframstahls, der nach den Analysen an 3 Prozent Wolfram enthielt. Ende der siebziger Jahre stellte man zu Terrenoire eine Eisenwolframlegierung im Hochofen zur Bereitung von Wolframstahl dar. Proben dieses Wolframmanganeisens waren 1879 auf der Pariser Weltausstellung zu sehen. Ein Stück davon enthielt nach Kerpely 24,25 Tle. Wolfram, 30,00 Tle. Eisen, 41,50 Tle. Mangan, 5,65 Tle. Kohle und 0,14 Tle. Phosphor. Biermann in Hannover lieferte Wolframeisen und Wolframmanganeisen mit 20 bis 50 Prozent Wolfram.

---

[1]) Nach Åkermann, Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1889, S. 115.

[2]) Vergl. auch Stahl und Eisen 1891, S. 993.

[3]) Siehe Ledebur über Manganstahl in Stahl und Eisen 1894, S. 504.

[4]) A. a. O. 1901, S. 26.

Digitized by Google

Mushets Specialstahl, von dem eine Probe nach einer Analyse von Riley 7,98 Prozent Wolfram, 1,40 Prozent Kohlenstoff und 0,24 Prozent Silicium eine andere auch noch 2,48 Prozent Mangan enthielt, war sehr hart und liefs sich nur äufserst schwierig bei Rotglut bearbeiten. Er war doppelt so teuer wie bester Huntsmanstahl und zu hart und spröde, um als Werkzeugstahl allgemein verwendbar zu sein. Nur ausnahmsweise wurde er für Dreh- und Schrotmeifsel von besonderer Härte verwendet, z. B. auf der französischen Westbahn zum Abdrehen von Stahlbandagen. Die Titanic Forrest Steel Works zu Coleford stellen noch Mushets Specialstahl dar.

Ein gröfseres Interesse hat man seit 1870 dem Chromstahl entgegengebracht, der bekanntlich schon 1821 von Berthier untersucht und beschrieben worden war und auf dessen Fabrikation Mushet 1861 ein Patent genommen hatte. Eine praktische Bedeutung erlangte die Chromstahlfabrikation aber erst in den Vereinigten Staaten von Nordamerika durch Julius Baur in New York. Dieser erhielt 1865 ein Patent auf die Darstellung eines „edleren, zäheren und härteren Stahls durch den Zusatz von Chrom“. Auf Grund dieses Patentes bildete sich die Chromstahl-Gesellschaft zu Brooklyn, welche seit 1869 Chromstahl fabrikmäfsig darstellte und mit der in Amerika üblichen Reklame auf den Markt brachte. Anfang der siebziger Jahre liefs sich J. Baur auch ein von ihm erfundenes verbessertes Verfahren der Bereitung von Eisenchrom patentieren. Der Erfolg in Amerika lenkte auch in Europa die Aufmerksamkeit auf Chromstahl und Ferrochrom. 1874 hatte Professor Carlington[1]) behauptet, Chromstahl leiste das drei- bis vierfache als gewöhnlicher Stahl, seine Textur sei sehr gleichmäfsig, er stehe gut in der Hitze und sei schweifsbar.

1875 begann Brustlein, Direktor der Gesellschaft Holtzer & Co. in Unieux bei Firminy in Frankreich, versuchsweise Chromstahl darzustellen. Seit 1877 wurde die Chromstahlfabrikation zu Unieux im grofsen betrieben. Die Grundlage hierfür bildeten Eisenchromlegierungen, die entweder im Tiegel oder im Hochofen dargestellt wurden. Ein chromhaltiges Roheisen war schon Ende der sechziger Jahre zu St. Stephan in Steiermark im Hochofen erblasen worden; seit etwa 1874 stellten die Tasmanian Iron and Steel Works, U. S., ein solches mit 6 bis 8 Prozent Chrom dar. Hochhaltigeres Chromeisen (Ferrochrom) wurde zu Eston in England, Terrenoire

---

[1]) Engineering 1875, S. 178

in Frankreich, zu Hörde in Deutschland im Hochofen und zu Brooklyn, Sheffield, Mostge (Nordwales) und anderen Orten in Tiegeln dargestellt.

Sergius Kern in St. Petersburg war es 1875 gelungen, im Schmelztiegel ein Ferrochrom mit 74 Prozent Chrom herzustellen. 1876 führten John Brown & Co. das Verfahren der Chromstahlbereitung von Jul. Baur, Brooklyn[1]), in Sheffield ein. Hierbei wurde erst Ferrochrom mit 48,7 Prozent Chromgehalt im Tiegel dargestellt und dies dann mit Stahl im Tiegel oder in einem Siemensflammofen zusammengeschmolzen. Der erhaltene Chromstahl enthielt nur 0,44 Prozent Chrom. Der gehärtete Chromstahl wurde von keinem anderen Stahl angegriffen. Proben waren 1876 in der Weltausstellung zu Philadelphia vorgeführt. 1877 stellte Sergius Kern einen Chromtiegelstahl[2]) dar, indem er Bessemer- oder Martinstahl mit Chromeisenstein und gebranntem Kalk schmolz. Auf dem Obuchow-Stahlwerk wurde die Darstellung von Chromstahl im grofsen versucht.

Um die wissenschaftliche Untersuchung des Chromstahls machten sich die Franzosen am meisten verdient. Eine Arbeit von Boussingault über Chromeisen gab die erste Veranlassung zu Versuchen von Holtzer & Co. in Unieux. Da diese ergaben, dafs Chromzusatz die Härte des Stahls erhöhte, so glaubte man dadurch aus französischem Material einen Werkzeugstahl von derselben Güte, wie der in Sheffield aus schwedischem Eisen erzeugte Gufsstahl herstellen zu können. Brustlein[3]) fand ihn besonders geeignet für Kriegsmaterial, namentlich für Geschosse und Panzerplatten. Die Resultate der hierauf bezüglichen Versuche zu Unieux wurden 1878 in der Pariser Weltausstellung unter Angabe sehr hoher Festigkeitszahlen dem Publikum vorgeführt. Man war damals noch allgemein der Ansicht, dafs Chrom im Stahl dieselbe Rolle spiele wie der Kohlenstoff und diesen ersetze. Holtzers Chromstahl enthielt angeblich 2,5 Prozent Chrom, der von Seebohm & Dickstahl in Sheffield ausgestellte 1 Prozent.

1878 war es zu Terrenoire in Frankreich auch gelungen, Ferrochrom in ähnlicher Weise wie Ferromangan im Hochofen herzu-

---

[1]) Die Chromstahlbereitung in Brooklyn von G. Roland, Annales des mines 1878, 1. livr., S. 452.

[2]) Siehe Iron 1877, X, S. 586; Dingler, Polyt. Journ., Bd. 230, S. 505.

[3]) Brustlein legte die Ergebnisse seiner Versuche 1886 dem Iron and Steel Institute vor, in dessen Journal von 1886, II, p. 770, sie abgedruckt sind.

Digitized by Google

stellen [1]). Der höchste Chromgehalt der im Hochofen bis jetzt erzeugten Legierungen betrug 40 Prozent, während im Tiegel erzeugte bis 65 Prozent enthielten. Ja, es gelang später Brustlein, Tiegelchromstahl mit 84 Prozent Chrom zu schmelzen. 1882 lieferte R. A. Hadfield der englischen Regierung Chromstahlgeschosse, die sich bewährten. Sie durchdrangen achtzöllige Schmiedeeisenplatten ohne Beschädigung. In den achtziger Jahren nahm man auch in Deutschland, Österreich und Schweden die Chromstahlfabrikation auf, so zu Eibiswalde in Steiermark, wo 1885 ein Chromstahl mit 2,14 Prozent Chrom dargestellt wurde.

Erst um diese Zeit erlangte die Darstellung von Chromeisen im Hochofen eine praktische Bedeutung, 1886 beschäftigten sich bereits mehrere Eisenhütten in Frankreich damit. In den Vereinigten Staaten verwendete man Chromstahl für Geschützmetall, für feuerfeste Geldschränke und für Werkzeuge. Das Stahlwerk in Brooklyn behauptete 1887, dafs sein Chromstahl in kaltem Zustande jeden anderen Stahl an Zähigkeit übertreffe, während H. Bessemer fand, dafs was der Gufsstahl durch Chromzusatz an Härte gewann, er an Streck- und Dehnbarkeit verlor.

1888 liefs sich H. Eckhard in Dortmund ein verbessertes Verfahren der Chromeisenbereitung durch Zusatz von saurer Bessemerschlacke patentieren (D. R. P. Nr. 44896). Um diese Zeit war es auch in Schweden gelungen, Ferrochrom im grofsen darzustellen und zwar zuerst der Firma Lyrholm & Co. in Gothenburg in Wittenströmschen Masutöfen. Mit diesem wurde dann auf verschiedenen schwedischen Werken in Martinöfen ein Chromstahl mit ca. 1 Prozent Chromgehalt dargestellt. In Christiania wurden 1888 in einer Ferrochromfabrik Mischungen von 65 bis 70 Prozent Chrom in Tiegeln geschmolzen.

Auch in Schweden glaubte man im Chromstahl ein Produkt gefunden zu haben, das den englischen Gufsstahl vollständig ersetzen könne. Namentlich sprach sich Stridberg, der zu Trollhättan Ferrochrom und Chromstahl fabrizierte, dahin aus, dafs Chromzusatz Stahl aus gutem Roheisen dargestellt derart verbessere, dafs er kaum hinter Dannemora-Tiegelgufsstahl zurückstehe. Allerdings sei er schwieriger zu härten, weil er leicht Kantenrisse bekomme.

Chrom erhöht die Aufnahmefähigkeit von Kohlenstoff im Roh-

---

[1]) A. v. Kerpely, Eisen und Stahl auf der Weltausstellung zu Paris 1879, S. 78.

Digitized by Google

eisen. Das in der Pariser Weltausstellung von 1889 ausgestellte Ferrochrom enthielt neben 65 Prozent Chrom 12 Prozent Kohlenstoff. Chrom ersetzt also keineswegs, wie man früher annahm, den Kohlenstoff im Eisen, sondern vermehrt dessen Aufnahme. Auch der Chromstahl ist nur als eine Legierung anzusehen.

Roheisen mit geringem Chromgehalt ähnelt Spiegeleisen, bei höherem Chromgehalt finden nadelförmige Ausscheidungen statt. Ein geringer Chromgehalt im Stahl erhöht schon seine Härte bedeutend. So wurde ein Stahl mit 0,71 Prozent Kohlenstoff und 0,18 Prozent Chrom von der Feile nicht mehr angegriffen, während derselbe Stahl ohne Chromzusatz gut zu feilen war. Doch soll nach Turners Versuchen Chrom diese härtende Eigenschaft nur bei Gegenwart von Kohlenstoff zeigen. Für die Kenntnis des Chromstahls haben sich besonders verdient gemacht Baur, Brustlein, Sergius Kern, Hadfield, Odelstjerna und Osmond. Von neueren Arbeiten sind hervorzuheben R. A. Hadfields Vortrag über Eisenchromlegierung im Herbstmeeting des Iron and Steel Industry[1]) und ein Aufsatz von Sergius Kern über die Erzeugung von Chromstahlgeschossen in Rufsland[2]). Nach Hadfields Versuchen wachsen Elasticitätsgrenze und Bruchbelastung (Härte und Festigkeit) mit dem Chromgehalt bis zu 5 Prozent, dann nehmen beide ab; bei mehr als 0,8 Prozent Chrom bei 0,12 Prozent Kohlenstoff wird der Stahl spröder, die Zähigkeit nimmt ab. — Die Schweifsbarkeit wird durch einen Chromgehalt verringert. Chromstahl widersteht der Einwirkung der Säuren mehr als gewöhnlicher Stahl.

Im ganzen haben sich die allerdings oft übertriebenen Erwartungen, die man besonders in Frankreich und Amerika auf den Chromstahl setzte, nicht vollständig erfüllt. Doch liefert er für manche Zwecke, wobei die Härte in erster Linie in Frage kommt, ein brauchbares Material. Dies hat sich besonders bei der Herstellung von Geschossen bewährt, wofür man in Amerika, Frankreich und Rufsland Chromstahl verwendet. Spitzgeschosse aus Chromstahl wurden zuerst von Holtzer & Co. in Unieux eingeführt und hiefsen deshalb Holtzergeschosse. Auch in Rufsland hat sich, nach dem Berichte von Sergius Kern von 1895, auf dem Poutiloff-Stahlwerk bei St. Petersburg seit 1889 am besten Tiegelchromstahl, nach dem System von

---

[1]) In deutscher Bearbeitung von A. Ledebur in Stahl und Eisen 1893, S. 14.

[2]) Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1895, S. 388.

Digitized by Google

Holtzer & Co. dargestellt, bewährt. Dieses System wurde nach Instruktionen von Antoine Rollet dort eingeführt. Aus gegossenen Blöcken wurden die Projektile geschmiedet. Der dazu verwendete Stahl enthielt 0,8 bis 1,15 Prozent Kohlenstoff, 2,20 Prozent Chrom 0,20 Prozent Mangan, 0,18 Prozent Silicium, 0,01 Prozent Schwefel und 0,02 Prozent Phosphor.

In den Vereinigten Staaten wird Chromstahl aufserdem besonders für Pocheisen, Brechplatten der Steinbrecher und Laufringe der Walzenquetschen verwendet.

Die Wilson Aluminium Company stellt Ferrochrom von 68 bis 71 Prozent zu Holcombs Rock in grofser Menge auf elektrischem Wege dar.

Die Verwendung des Chromstahls erlitt in letzter Zeit Einbufse durch die Verwendung des Nickelstahls, der wegen seiner überlegenen Eigenschaften bevorzugt wurde. Nickeleisenlegierungen waren längst bekannt. Sie fanden sich in der Natur im Meteoreisen, sie wurden künstlich dargestellt von Faraday 1820 und von Berthier. In Deutschland machte 1832 ein Fabrikant Wolf aus Schweinfurt zuerst einen Nickelstahl (Meteorstahl)[1]. Eine technische Bedeutung erlangten diese Verbindungen aber nicht, weil Nickel damals noch zu teuer war und weil die Nickeleisenlegierungen Rotbruch zeigten. Dies rührte zwar nur von der Verunreinigung des verwendeten Nickels durch Schwefel und Arsen her; solange man dies aber noch nicht erkannt hatte, schrieb man dem Nickel selbst diese Unart zu.

Noch in den siebziger Jahren erhielten Troilus, 1873, und Billing, 1878, bei ihren Versuchen, Nickeleisenlegierungen darzustellen, rotbrüchige Produkte. Erst 1885 gelang es der Société anonyme de Ferro-Nickel in Paris, nach ihrem Patent vom 6. Dezember 1885 (D. R. P. Nr. 37 376) einen brauchbaren Nickelstahl auf den Markt zu bringen. Eisen wurde mit Nickel und einem Zusatz von Mangan und Wolfram mit Blutlaugensalz im Tiegel eingeschmolzen und dann unter Umrühren etwas Aluminium nachgesetzt. Schon vorher hatte die Nickelgewinnung, besonders seit der Einführung der Nickelmünzen in Deutschland im Jahre 1871, einen grofsen Umfang erlangt und mit Eifer suchte man nach neuen Verwendungen für das Metall, dessen Absatz, nachdem der vorübergehende grofse Bedarf für Münzzwecke gedeckt war, stockte. Hierdurch war der Preis des Nickels gesunken und dadurch die Chancen für seine Verwendung in der

[1]) Siehe Annalen der Pharmacie 1832, II, S. 237.

Digitized by Google

Eisenindustrie günstiger geworden. Seit 1887 mehrten sich denn auch die Versuche der Darstellung von Nickelstahl im grofsen.

John Fr. Hall zu Newbury stellte 1888 nach seinem Patent (Engl. Pat. Nr. 3410 vom 6. März 1888) Nickelstahl mit angeblich 2,5 bis 50 Prozent Nickelgehalt dar. Von gröfserer Wichtigkeit war das Patent von Henri Schneider zu le Creuzot in demselben Jahre (Engl. Pat. 1888, Nr. 14150) für Darstellung von Nickelstahl im Martinofen. Hiernach schmolz er ein Gemenge von 36 Tln. Nickel, 36 Tln. Stahl, 3 Tln. Kohlenstoff und 2 Tln. Mangan, welches zur Verhinderung der Oxydation mit Anthrazit überdeckt wurde, auf dem Herd eines Flammofens und setzte nach dem Einschmelzen der Mischung Eisen und Stahl nach Bedarf zu. Der Stahl flofs ruhig und die gegossenen Blöcke waren sauber und glatt. Haupterfordernis war die Reinheit des verwendeten Nickels.

Die allgemeine Aufmerksamkeit wurde besonders von James Riley zu Glasgow auf den Nickelstahl gelenkt durch einen vortrefflichen Vortrag über die Nickeleisenlegierungen auf dem Frühjahrsmeeting des Iron and Steel Institute 1889. Er hob hervor, dafs sich Nickelstahl bei genügender Hitze ebensowohl im Martinofen als im Tiegelschmelzofen darstellen lasse, dafs die geschmolzene Legierung dünnflüssiger sei als reiner Stahl und sich gut giefsen lasse. Die Legierung mit Nickel erfolge leicht in jedem beliebigen Verhältnis. Ein Zusatz von 4,7 Prozent Nickel erhöhe die Elasticitätsgrenze von 24,8 auf 38,8 kg, die Bruchgrenze von 46 auf 62,1 kg pro Quadratmillimeter, ohne die Dehnung und Kontraktion erheblich zu beeinflussen. Mit steigendem Nickelgehalt bis 20 Prozent nehme die Härte zu und zeige bei diesem Gehalt ein sehr hohes Maximum; darüber hinaus werden die Eisen-Nickellegierungen wieder weicher. Ein Nickelstahl mit 25 Prozent Nickel zeige viele besondere und beachtenswerte Eigenschaften, er sei sehr dehnbar und fest und leide wenig unter dem Einflufs der Atmosphärilien.

Wegen des hohen Preises des Nickels waren aber vorläufig für die Praxis nur die Legierungen bis zu etwa 5 Prozent von Wichtigkeit, welche auch schon hervorragende Eigenschaften in Bezug auf Härte, Widerstandsfähigkeit und Haltbarkeit in der Atmosphäre und im Seewasser zeigen. Verwendung fand der Nickelstahl zunächst ausschliefslich für Kriegsmaterial, so z. B. in Creusot für Panzerplatten, Kanonen und Gewehrläufe. Zu diesem Zweck fand der Nickelstahl auch in England, Amerika und Deutschland Verwendung. In den Vereinigten Staaten wurden 1891 auf den Homestead-Steel-

Digitized by Google

Works von Carnegie, Phipps & Co. die ersten Versuche für Panzerplatten nach der Methode von Creusot mit gutem Erfolg angestellt. Der Homestead-Nickelstahl enthielt 3,16 Prozent (gegen 3,32 Prozent zu Creusot) Nickel, seine Elasticitätsgrenze war 42 kg, seine Bruchgrenze 71 kg pro Quadratmillimeter, d. h. fast doppelt so hoch wie bei gewöhnlichem Flufsstahl; die Dehnung betrug 15,5 Prozent, war also nur wenig vermindert. Die von Jules Garnier[1]) 1892 veröffentlichten Zahlen über vergleichende Versuche mit gewöhnlichem Stahl und Nickelstahl der Cleveland-Walzwerksgesellschaft in Ohio waren zwar nicht so hoch, zeigten aber auch deutlich die grofse Überlegenheit des Nickelstahls.

1894 beschäftigten sich bereits eine Reihe von Werken mit der Herstellung und Verarbeitung von Nickelstahl, so aufser den bereits genannten besonders Friedrich Krupp in Essen, die Bethlehem-Werke in Pittsburg und St. Chammond in Frankreich, Naylor Vickers in Sheffield und Witkowitz in Mähren.

Die Darstellung des Nickelstahls kann im Tiegel-, im Flammofen oder im Konverter geschehen, doch hat die Flammofenschmelzung am meisten Anwendung gefunden. Die Nickeleisenlegierungen erforderten hohe Schmelztemperaturen, die aber in Regenerativöfen unschwer zu erzeugen sind. Nickel oxydiert im Flammofen viel weniger als Chrom, was schon einen grofsen Vorteil gegenüber dem Chromstahl bietet.

Man verwendete anfangs Ferronickel mit hohem Nickelgehalt oder metallisches Nickel als Zusatz. Beides ist aber kostspielig, und da das im Hochofen dargestellte Nickelroheisen ebenfalls nur teuer herzustellen und dabei von sehr schwankendem Gehalt ist, so zogen die grofsen Werke es vor, Nickel in anderer Form zuzusetzen, doch hielten die Werke ihre Verfahren geheim. Zu Homestead, Bethlehem und auf dem Stahlwerk der Carbon-Steel-Gesellschaft verwendet man Nickeloxydul, welches im Martinofen selbst reduciert wird[2]). Dasselbe wird zu Anfang der Charge mit dem Kalkzuschlag auf dem Boden des Martinofens eingesetzt, darauf das Roheisen und dann die weitere Charge. Das gefällte und getrocknete Nickeloxydul wird mit Holzkohlenpulver gemengt, entweder nach einem Patent von Wood zu Ziegel geprefst, oder, wie es v. Ehrenwerth sah, in einem aus Eisen zusammengefügten Kistchen auf den Boden

[1]) Le génie civil vom 24. Dezember 1892; Stahl und Eisen 1893, S. 133.

[2]) Siehe J. v. Ehrenwerth, Das Berg- und Hüttenwesen auf der Weltausstellung in Chicago. Wien 1895, S. 139.

Digitized by Google

des Martinofens eingesetzt. Wendet man Ferronickel an, so wird dies meist erst nach der Entkohlung des Eisens zugesetzt und zwar giebt man zur Reinigung und Rückkohlung erst Ferromangan, sodann Ferronickel auf und setzt hierauf in der Giefspfanne noch etwa 0,6 Prozent Aluminium zu. Wo man nickelhaltiges Roheisen verwendet, schmilzt man dies gleich zu Anfang mit der Charge ein. Das Nickelspiegeleisen der Ferronickelgesellschaft zu Paris enthält 72 Prozent Eisen, 20 Prozent Nickel, 5 Prozent Mangan und 2,5 bis 3 Prozent Kohlenstoff. Zur Erhöhung der Härte hat man in Frankreich zuweilen auch noch Ferrochrom zugesetzt.

1892 setzte der Verein zur Beförderung des Gewerbfleifses in Berlin eine Kommission unter Vorsitz des Geheimrats Wedding zur Untersuchung des Nickels und seiner Legierungen ein und bewilligte 25 000 Mark für Versuche. Diese ergaben, dafs die Schweifsbarkeit des Nickelstahls bis zu 1 Prozent Nickelgehalt unverändert bleibt, sich dann etwas verringert, doch ist die Legierung bis zu 5 Prozent noch leicht zu bearbeiten.

Der Nickelstahl der Bethlehemwerke auf der Weltausstellung in Chicago 1893 enthielt $3^1/_2$ Prozent Nickel, die Bruchverlängerung war 13 Prozent, die Querschnittsverminderung 28,2 Prozent, die Elasticitätsgrenze 32 kg, die Bruchgrenze 100 kg pro Quadratmillimeter. Er war ein vorzügliches Material für Panzerplatten.

Seit 1894 wird der Nickelstahl aufser für Panzerplatten und Geschütze auch als Konstruktionsmaterial verwendet, wofür er sich seiner hohen Elasticitätsgrenze, Festigkeit und Härte, verbunden mit Dehnbarkeit und Schmiedbarkeit in hohem Mafse eignet. Einer allgemeineren Verwendung steht bis jetzt nur sein hoher Preis im Wege, der aber durch die elektrische Gewinnung niedriger geworden ist. Die Erschliefsung der Ontario-Nickelgruben hat die Erzeugungskosten des Nickelstahls für die Vereinigten Staaten nicht unwesentlich verbilligt und man hat dort zuerst angefangen, Nickelstahl für Dampfschiffskessel sowie für Elektromotoren zu verwenden.

In Seraing wird Nickelstahl besonders für Kriegsmaterial hergestellt. Hauptsächlich im Hinblick auf die Vorzüge des Nickelstahls für Konstruktionszwecke hat aber Ph. Moulan im Juli 1894 seine dort gemachten Erfahrungen mitgeteilt[1]). Moulan hat eine grofse Anzahl vergleichender Versuche zwischen Stahlsorten von gleicher

[1]) Siehe Österr. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1895, S. 51.

Grundmasse mit und ohne Nickelzusatz angestellt. Wir teilen daraus nur folgende Angaben mit:

	Festigkeit oder Bruchgrenze kg pro Quadratmillimeter	Dehnung Prozent	Kontraktion Prozent
Gewöhnlicher Stahl	48	23	48
Nickelstahl mit 2,05 proz. Nickel . .	58,7	31,5	55,4
Nickelstahl mit 3,35 proz. Nickel . . (bei 0,2 Prozent Kohlenstoff) . . .	70,8	27,0	48,1

Weitere Ergebnisse von Versuchsreihen der Canadian-Copper-Company und des Cleveland-Walzwerks (U. S.) sind in der Zeitschrift Eisen und Stahl 1895, S. 720 mitgeteilt. Desgleichen finden sich dort die Ergebnisse der Untersuchungen der Franzosen Cholat und Harmet zusammengestellt.

Die Elasticitätsgrenze des Nickelstahls ist höher als bei gewöhnlichem Stahl, denn während man bei diesem dieselbe zu 1/2 des Bruchgewichtes annimmt, steigt sie bei Nickelstahl auf 3/4. Henry Wiggins rühmt von einem Nickelstahl mit 3,25 Prozent Nickel folgende Vorzüge: er besitzt gegen gleichartigen nickelfreien Stahl eine um 30 Prozent höhere Festigkeit, eine um 75 Prozent höhere Elasticitätsgrenze, dabei grofse Gleichmäfsigkeit, er ist gut zu bearbeiten, schweifsbar und von grofser Widerstandsfähigkeit gegen Stofs. Der erste Nickelstahl-Dampfkessel wurde für den amerikanischen Kreuzer „Chicago“ geliefert. Für den Lokomotivbau findet Nickelstahl in neuerer Zeit ausgedehnte Anwendung[1]). Wiggins hebt die grofse Bedeutung des Nickelstahls für den Schiffsbau hervor, indem ein Material von 20 Prozent Dehnung, 66 kg Bruchfestigkeit und 46,5 kg Elasticitätsgrenze eine Ersparung an Gewicht von 500 bis 600 Tonnen bei dem Bau eines grofsen Kriegsschiffs gegen heute gestatte. Vorzüglich dürfte sich Nickelstahl für die Schiffsschrauben eignen, wie auch seine Widerstandsfähigkeit gegen Korrosion durch das Seewasser eine wichtige Eigenschaft für die Schiffsbekleidung ist. Die Bethlehem-Eisengesellschaft lieferte 1895 die Mittel- und Schraubenwellen der amerikanischen Dampfer „Iowa“ und „Brooklyn“ aus Nickelstahl.

Hervorragendes leistet in der Herstellung und Bearbeitung eines verbesserten Nickelgufsstahls die Firma Friedrich Krupp in Essen.

[1]) Vergl. Stahl und Eisen 1900, S. 53.

Digitized by Google

Als ein Beispiel hiervon führen wir die Kurbelwellen des riesigen Doppelschrauben-Schnelldampfers „Deutschland“ an, der 1899 von Stapel gelassen wurde. Die Länge einer solchen Welle beträgt 18,07 m, ihr Durchmesser 640 m, ihr Hub 1850 mm, ihr Gewicht 101 500 kg.

Aufser den vorgeschriebenen Stahlsorten giebt es noch mehrere andere Stahllegierungen, die nicht ohne Interesse sind, die aber eine gröfsere praktische Bedeutung nicht erlangt haben. Es sind dies Siliciumstahl, Phosphorstahl, Arsenstahl, Aluminiumstahl und Kupferstahl.

Siliciumstahl stellt man kaum absichtlich dar, weil im allgemeinen ein Siliciumgehalt die Schmiedbarkeit, Schweifsbarkeit und Zähigkeit beeinträchtigt. Man setzt aber bei Flufsstahl oft Siliciumeisen zu, um blasenfreien Gufs zu erhalten. Die üblen Eigenschaften eines Überschusses von Silicium werden durch einen Manganzusatz gemildert. Gruner fand 1874, dafs Silicium die Eigenschaft besitze, Stahlsorten mit sehr geringem Kohlenstoffgehalt Härtungsfähigkeit zu verleihen. Silicium wirkt eben selbst wie Kohlenstoff und verdrängt diesen bei gröfserem Zusatz teilweise.

Ähnlich verhält es sich mit dem Phosphorstahl. Im allgemeinen ist der Phosphor eine schädliche Verunreinigung des Stahls. Hat man aber ein Material, welches fast frei von Kohlenstoff ist, so verleiht ein geringer Zusatz von Phosphor demselben Eigenschaften des Stahls, namentlich erhöht er seine Härte. Aus diesem Grunde erzeugte zuerst T. J. Slade in den Vereinigten Staaten, dann Terrenoire in Frankreich nach der Erfindung von Tessié du Motay Phosphor-Flufsstahl für Eisenbahnschienen. Der Phosphorstahl von Terrenoire enthielt 0,035 Prozent Phosphor neben 0,15 Prozent Kohlenstoff. Ein Phosphorgehalt schadet um so weniger, je mehr der Kohlenstoffgehalt abnimmt. Nach Holley wird Flufsstahl erst bei einem Phosphorgehalt von 0,15 Prozent brüchig, wenn derselbe nur 0,30 Prozent Kohlenstoff enthält, dagegen schon bei 0,05 Prozent Phosphor, wenn der Kohlenstoffgehalt 0,75 Prozent beträgt. Überhaupt ist nach einem Vortrage Holleys, den er 1878 in New York hielt, der phosphorhaltige Stahl nur gut bei ruhender Belastung, dagegen schlecht gegen Stofs. Er verlangt ein sehr sorgfältiges Verwalzen, weil er sonst kantenrissig wird.

Auch einen geringen Arsengehalt kann reiner Stahl ohne Nachteil ertragen. F. W. Harbort und A. E. Tucker hatten 1888 die Mitteilung veröffentlicht, dafs ein höherer Prozentgehalt von Arsen

Digitized by Google

den Stahl nachteilig beeinflusse. Dies veranlafste John Edw. Stead 1895, den Einflufs geringer Arsenmengen auf Stahl genauer zu studieren. Er fand, dafs ein Arsengehalt bis zu 0,14 Prozent die Güte des Stahls nicht beeinträchtige. Bei höherem Gehalt bis zu 0,24 Prozent erfährt die Kontraktion eine Verminderung, während die Härte etwas zunimmt. Dagegen erzeugte Arsen bei Abwesenheit von Schwefel keinen Rotbruch, vermindert aber die Schweifsbarkeit.

Dem Aluminiumstahl hat man schon früher besonders gute Eigenschaften nachgerühmt. Genauere Untersuchungen haben erwiesen, dafs ein Zusatz von Aluminium zu Flufsstahl diesen von Oxyden reinigt und gesunde Güsse erzeugt, dafs dabei aber in den meisten Fällen kein Aluminium im Stahl gelöst bleibt und dafs, wenn dies geschieht, seine Qualität nicht verbessert wird. Aluminium verhält sich ganz ähnlich wie das Silicium. Aluminiumhaltiger Stahl hat einen dunklen, mehr blättrigen, dem Schmiedeeisen ähnlichen Bruch. Er ist weniger schweifsbar und hört bei einem Gehalt von 5 Prozent auf, schmiedbar zu sein.

Dem Aluminiumstahl schmilzt bei etwas niedrigerer Temperatur als gewöhnlicher Stahl, doch ist dieser Unterschied nicht grofs. Nach Hadfield (1892) schmolz ein weicher Stahl bei 1500° C., während derselbe Stahl mit 5 Prozent Aluminium seinen Schmelzpunkt bei 1475° C. hatte.

Kupferstahl wurde von Schneider & Co. in le Creuzot nach einem 1890 genommenen Patent hergestellt. Während man Kupfer früher für eine sehr nachteilige Beimischung hielt, soll ein Gehalt von 2 bis 4 Prozent den Stahl, besonders für militärische Zwecke, verbessern. Thatsache ist, dafs bei Abwesenheit von Schwefel ein geringer Kupfergehalt nichts schadet, vielmehr die Zähigkeit des Eisens bessert. Ist aber Schwefel anwesend, wie dies bei kupferhaltigem Roheisen meistens der Fall ist, so treten dessen Nachteile schärfer hervor. Dafs ein Kupfergehalt bis etwa $^1/_2$ Prozent nichts schadet, haben Versuche von Wasum 1882 und von Choublay 1884 bewiesen. Nach Brustleins Angabe wäre Stahl mit mehr als 1 Prozent Kupfer immer rotbrüchig. Krupps Kanonenstahl enthält meistens 0,30 bis 0,35 Prozent Kupfer, welches aus den Siegerländer Erzen herrührt.

Im Jahre 1885 wurden von der gesamten Gufsstahlerzeugung 83 Prozent im Konverter, 13,5 Prozent im Flammofen und 3,5 Prozent im Tiegel dargestellt.

Digitized by Google

Die Verwendung des Eisens.

Die Verwendung des Eisens hat entsprechend der steigenden Erzeugung in diesem Zeitabschnitt eine grofse Zunahme erfahren. Hervorzuheben ist die vermehrte Anwendung im Eisenbahnbau, Schiffsbau, Brückenbau, Häuserbau, als Kriegsmaterial und im Maschinenbau, wobei besonders der Bau von Elektromotoren und elektrischen Bahnen als etwas Neues zu nennen ist. Die Zunahme der Verwendung des Eisens fällt fast ausschliefslich dem Flufseisen zu, welches in dem Wettkampf mit dem Schweifseisen den Sieg errang, ganz besonders seit Einführung des basischen Verfahrens, wodurch man sowohl beim Thomasieren als beim basischen Martinieren ein weiches Flufseisen erhielt, das dem Schweifseisen in vieler Hinsicht überlegen war. Es fand aber nicht nur ein Wettkampf zwischen Schweifseisen und Flufseisen, sondern auch ein solcher zwischen den Flufseisensorten untereinander, besonders zwischen Bessemer-, Thomas- und Martinstahl statt. Dabei hat im allgemeinen der Bessemerstahl sich da siegreich behauptet, wo hartes Material verlangt wird, wie namentlich für Eisenbahnschienen, Maschinenteile, die auf Reibung in Anspruch genommen werden, wie Achsen, Gleitbacken u. s. w. Thomaseisen hat sich mehr bewährt für weiches Material, für Draht, Blech und Façoneisen. Martinflufseisen eignet sich in erster Linie zum Vergiefsen, für Stahlgufsstücke, sodann für sehr grofse Gegenstände, wie besonders Panzerplatten, schwere Schiffskanonen, im übrigen kann es aber, soweit es die Herstellungskosten gestatten, zu allen Zwecken verwendet werden, da man es bei diesem Betrieb am meisten in der Hand hat, nach Belieben ein härteres oder weicheres Material zu erzeugen.

Diese allgemeinen Angaben werden eingeschränkt durch die lokalen Verhältnisse, so ist z. B. in Deutschland, dessen Erze meist phosphorhaltig sind, die Erzeugung und Verwendung von Bessemerstahl sehr zurückgegangen.

Einige kurze Bemerkungen über die Fortschritte in der Verwendung des Flufseisens dürften hier noch angebracht sein.

Im Civilbau war Flufseisen früh benutzt worden, wenn auch anfangs nur in sehr beschränktem Mafse. 1863 hatte man in London angefangen, Bessemerstahl bei der Konstruktion von Brücken für Strafsenbahnen zu verwenden; bald darauf geschah dasselbe in Holland in den Städten Limburg und Mastricht. 1864 erbaute

Worthington die erste Eisenbahnbrücke aus Flufsstahl über den Sankey-Kanal. 1880 wurde die erste grofse Eisenbahnbrücke bei St. Louis über den Mississippi in Nordamerika aus Flufseisen erbaut. Eine sehr ausgedehnte Anwendung fand Flufsstahl zum Brückenbau in Britisch-Indien. Seit 1884 verwendete man in den Vereinigten Staaten fast nur noch Flufseisen zum Bau eiserner Brücken und zwar wurde meistens Martinstahl ausbedungen.

Wie ausgedehnt die Verwendung von Flufseisen gegenüber dem Schweifseisen damals bereits war, zeigt folgende Zusammenstellung:

	Schweifseisen		Flufseisen	
	kt	Prozent	kt	Prozent
Verwendung beim Eisenbahnbau . .	76	5	610	71
„ „ Schiffsbau	1160	80	98	12
„ bei der Drahtindustrie	214	15	145	17

In Deutschland wurde 1886 die erste Brücke aus Flufseisen (Thomas-) von Bauinspektor Weyrich in Hamburg erbaut. Die erste ganz aus Flufseisen hergestellte grofse Eisenbahnbrücke errichtete Mehrtens 1893 bei Fordon über die Weichsel. Jetzt ist die Verwendung von Flufseisen beim Brückenbau ganz allgemein geworden[1]). In Österreich war die 1886 bis 1889 erbaute Moldau-Thalbrücke bei Czervena in Böhmen die erste aus Flufseisen (Martin-) hergestellte. In England wurde 1883 bis 1890 die berühmte Brücke über den Firth of Forth aus Flufseisen (Bessemer-) errichtet.

Auch bei der Verwendung des Flufseisens zum Brückenbau war man allmählich von härterem zu weicherem Material übergegangen.

Wichtig wurde die Benutzung des Flufseisens für eiserne Schwellen bei dem Eisenbahnbau. Um die Einführung flufseiserner Querschwellen hat sich Ingenieur Post in Belgien besonders verdient gemacht[2]).

Beim Schiffsbau fand die Verwendung von Flufseisen an Stelle von Schweifseisen langsameren Eingang. Die in den sechziger Jahren in England gemachten Versuche waren nicht günstig ausgefallen. Frankreich gebührt das Verdienst, damit zuerst erfolgreich vorgegangen zu sein, und zwar geschah dies 1870 bei dem Bau des Schiffes „L'Orient". Das Hüttenwerk Terrenoire hatte sich bemüht, ein weiches Bessemer-

[1]) Vergl. den vortrefflichen Vortrag von Mehrtens: Über die Verwendung des Flufseisens für Baukonstruktionen. Stahl und Eisen 1893, S. 581, 631.

[2]) Stahl und Eisen 1900, S. 1148.

Digitized by Google

eisen (acier doux) als Ersatz für Schweifseisen zu liefern, doch gelang dessen Einführung nicht ohne heftigen Kampf. Das Material wurde strengen Qualitätsproben unterworfen, sowohl kalt wie warm. 1873 wurden für die Panzerschiffe „Redoutable“, „Terrible“ und „Tempête“ bereits 600 Tonnen Flufsstahlbleche und 12000 Tonnen gewöhnliches Flufseisen verwendet. In Frankreich wurde anerkannt, dafs Flufseisen für Schiffsrümpfe billiger, weil leichter, sei und bessere Bedingungen im Falle des Strandens oder Zusammenstofsens böte.

Ausgedehnte Verwendung fand dann in den achtziger Jahren das durch das basische Verfahren erzeugte Flufseisen für den Schiffsbau; doch waren auch hierbei mancherlei Schwierigkeiten und Vorurteile zu überwinden. 1883 hatte die grofse englische Schiffsgesellschaft Lloyd basischen Stahl für zulässig erklärt. Das zuerst verwendete Material war aber zu hart, infolgedessen mehrfach Beschädigungen vorkamen, weshalb der Lloyd am 17. Dezember 1885 die Verwendung des basischen Flufsstahls wieder verbot. Percy C. Gilchrist bemühte sich 1886 vergeblich bei der Admiralität, die Wiederzulassung des Thomasstahls zu bewirken. Erst der Glasgow-Iron-Company gelang es 1887, einwandfreies Material zu liefern und dessen Vorzüge nachzuweisen. Vor dem sauren Flufsstahl hatte es den Vorteil besserer Schweifsbarkeit voraus, auch war ihm die Blauhitze weniger gefährlich; es eignete sich sehr gut für L- und T-Eisen. Damals war 40,94 kg pro Quadratmillimeter Bruchfestigkeit bei einer Minimaldehnung von 20 Prozent auf 100 mm als Qualitätsbedingung vorgeschrieben.

Nach Adamson sollte weicher Stahl so wenig wie möglich fremde Stoffe enthalten und die Summe derselben 0,75 Prozent nicht übersteigen. Allgemein nahm man an, dafs Schwefel, Phosphor und Silicium zusammen nur 0,1 Prozent ausmachen dürfen, wobei der Schwefelgehalt unter 0,02 bleiben mufs; Mangan galt bis zu 0,5 Proz. als zulässig.

1884 verwendete man in England bei dem Lokomotivbau bereits kein Schweifseisen mehr, sondern nur Bessemer- und Siemens-Flufseisen. Beim Dampfkesselbau war Bessemerstahl bereits in den sechziger Jahren verwendet worden (s. S. 218), aber erst in den siebziger Jahren begann diese Verwendung eine allgemeinere zu werden. Nach der Erfindung des Thomasprozesses und der Einführung des basischen Herdprozesses verdrängte das weiche Flufseisenblech das Schweifseisenblech nach und nach völlig.

Auf die Herstellung nahtloser Stahlbehälter aus Flufsstahl, die

Digitized by Google

besonders als Kohlensäureflaschen eine ausgedehnte Verwendung fanden, nahmen How und Lane und Richard Taunton 1886 englische Patente. Mannesmann stellte solche mittels seines Schrägwalzenverfahrens dar. Über die Verwendung des Flufseisens zu Mannesmannröhren werden wir später berichten.

Fig. 295.

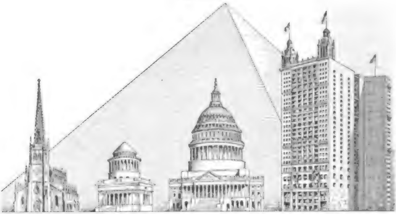
In neuerer Zeit ist die Verwendung von basischem Flufseisen zu Façoneisen für Konstruktionseisen, besonders von Thomaseisen für I-Eisen in fortwährender Zunahme. Erwähnung verdient die ausgedehnte Benutzung von Flufseisen für Bauzwecke, namentlich für die Herstellung eiserner Gebäude, worin beispielsweise die Forges d'Aiseau bei Charleroi in Belgien um 1888 Hervorragendes leisteten [1]), insbesondere aber für die Errichtung der vielstöckigen Turmhäuser, der sogenannten Himmelskratzer (sky scrapers) in den grofsen Städten der Vereinigten Staaten. Diese Riesenhäuser haben sich vornehmlich in Chicago, wo das eigentliche Verkaufsviertel auf den engen Raum von 65 Hektar zusammengedrängt

[1]) Stahl und Eisen 1889, S. 103.

Digitized by Google

war, entwickelt, weshalb man diese Bauart auch als Chicagostil bezeichnet. Bei diesen Gebäuden wurde nicht mehr das Eisengerüst in das Mauerwerk eingefügt, sondern der ganze Bau bestand aus Eisen, wobei Steinmaterial nur noch zur Verkleidung diente. Bei dem Frauentempel in Chicago waren die Hauptumrisse noch aus Mauerwerk hergestellt, während das Savoy-Hotel in New York ganz auf Stahlsäulen, die nur mit Steinen umkleidet waren, stand. Dabei wuchs die Höhe dieser Turmhäuser rasch, denn während das erste Gebäude dieser Art in New York, das Lancashire-Fire-Insurance-Building, 9 Stockwerke und 36 m Höhe hatte, zählte der Masonic-Temple in Chicago, Fig. 295 (a. v. S.), bereits 22 Stockwerke und war 300 Fufs hoch[1]). Noch höher

Fig. 296.



(102 m) ist das 1898 von H. Robertson in New York erbaute Geschäftshaus Park-Row-Building, von dessen Gröfse obenstehende Abbildung (Fig. 296) durch die Zusammenstellung mit der Trinitykirche und Grants Grabmal in New York, mit dem Capitol in Washington und der Pyramide des Cheops eine Vorstellung giebt. Das höchste Bauwerk war der in Frankreich 1889 für die Weltausstellung in Paris von Eiffel aus Flufseisen erbaute Eiffelturm, 300 m hoch, der die höchsten Bauten der Welt, den Kölner Dom um 141 m, das Washington-Denkmal in Philadelphia um 131 m übertraf und 9 Millionen Kilogramm wog.

Zu Kriegszwecken fand Flufsstahl ausgedehnte Verwendung für

[1]) Näheres über die Konstruktion dieser eisernen Häuser siehe Stahl und Eisen 1894, Nr. 6 und 7.

Digitized by Google

Geschütze, Geschosse, Lafetten, Panzerplatten, Drehtürme u. s. w., worauf wir später noch zurückkommen.

Die Formgebung.

Während bei dem Schweifseisen die mechanische Formgebung durch Schmieden, Walzen und Pressen in Betracht kommt, ist die Formgebung bei dem Flufsstahl eine doppelte, indem das Giefsen des flüssigen Metalls in Formen, der Stahlgufs, noch hinzukommt. Sowohl dieser, als auch die mechanische Bearbeitung haben seit 1870 grofse Fortschritte gemacht.

Der Stahlgufs.

Alles Flufseisen gelangt flüssig aus dem Schmelzgefäfs, in dem es hergestellt wird, und mufs erst in eine Form gegossen werden, um ihm Gestalt zu geben. Zur mechanischen Weiterverarbeitung giefst man die flüssige Masse in Blockformen (Ingotformen). Es sind dies in der Regel starke, aus Gufseisen hergestellte Koquillen. Will man dagegen Formgufs erzeugen, so giefst man die flüssige Masse in Formen, die ganz ähnlich wie bei der Eisengiefserei hergestellt werden. Da alles Flufsmetall erst in eine Form gegossen werden mufs, so gelten gewisse allgemeine Grundsätze und Erfahrungen sowohl für den Blockgufs wie für den Stahlgufs.

Blasenfreier Gufs.

Das geschmolzene Eisen enthält Gase gelöst oder absorbiert, welche beim Erstarren zum Teil ausgeschieden werden und, wenn sie nicht entweichen können, Blasen bilden. Über die Natur dieser Gase, wie über die Bedingungen ihrer Abscheidung hatten gründliche Untersuchungen, deren wichtigste Ergebnisse wir bereits (S. 351) mitgeteilt haben, Licht verbreitet. Doch werden wir später hierauf nochmals zurückkommen.

Diese Blasen sind sowohl für den Stahlgufs als für das verarbeitete Flufsmetall nachteilig, weil sie eine Schwächung an der betreffenden Stelle herbeiführen. Die Vermeidung oder Unterdrückung der Blasenbildung ist deshalb sehr wichtig. Man sucht dieselbe sowohl durch mechanische wie durch chemische Mittel zu erreichen.

Die einfachsten mechanischen Mittel sind das Rühren und das Erstarrenlassen unter Druck. Beide wurden schon früher angewendet und von uns erwähnt. Die Allansche Rührvorrichtung wurde (1882) in England ziemlich häufig angewendet; doch erzielte

Digitized by Google

man nach Riley keinen besonderen Erfolg damit, mehr schon durch Umgiefsen des Metalls in eine zweite Pfanne, wie es Gjers in Darlington (um 1883) machte.

Viel häufiger benutzte man aber Druck. Bessemer hatte schon 1856 das Erstarren unter Druck vorgeschlagen. 1867 regten Whitworth in Manchester und Bonnisard zu Terrenoire diese Idee von neuem an und Whitworth führte das Verfahren mit Erfolg in die Praxis ein (s. S. 217). Er bediente sich dabei einer hydraulischen Presse[1]). Sein Verfahren fand auch auf dem Kontinent Verbreitung. Zuerst wurde es von Revolier, Biétrix & Co. in St. Etienne versucht. Sodann Anfang der siebziger Jahre zu Neuberg in Steiermark. Hier wurden die sehr starken Blockformen mit dem flüssigen Inhalt auf einem kräftigen Wagengestell unter den Prefskolben einer hydraulischen Presse gefahren. Dieser wirkte auf einen Prefsstempel, der in die obere Koquillenöffnung eingesetzt wurde. Die Masse wurde eine halbe bis eine Minute dem Druck ausgesetzt und dabei 1 bis 2 Zoll zusammengedrückt.

Daelen liefs sich 1875 eine Presse patentieren, deren Zweck war, die Zeit zwischen Füllen und Pressen möglichst abzukürzen, was dadurch erreicht wurde, dafs die Koquille unmittelbar auf der Presse stand.

Bis zu einem gewissen Grade konnte eine flüssige Metallsäule als Drucksäule wirken, deshalb wendete man allgemein bei Stahlgüssen hohe Gufstrichter an. Man gofs auch die Blöcke steigend mit hohem Eingufsrohr, wobei dasselbe für den gleichzeitigen Gufs mehrerer kleiner Blöcke, z. B. für Drahtknüppel durch eine Verteilungsform mit einer Anzahl kleinerer Koquillen, die durch die aufsteigende Stahlmasse gefüllt wurden, verbunden wurde. Auf dem Prinzip einer Drucksäule von flüssigem Metall beruhte ein französisches Patent von 1873, wonach durch eine Säule von 25 Fufs Höhe ein Druck von 10 Atmosphären erzeugt werden sollte.

Andere Druckmittel waren Wasserdampf oder Gase. Ältere hierauf beruhende Vorschläge von Galy-Cazalat haben wir bereits S. 217 mitgeteilt. Auf der Hütte zu Caléassière in Frankreich hatte sich 1877 das Erstarren des Flufsstahls unter Gasdruck von 6 bis 10 Atmosphären in einer verschliefsbaren Form, namentlich für weichen Stahl, gut bewährt. Man benutzte Dampf, der sich zersetzte.

---

[1]) Abbildungen davon in Armengaud, Publ. industr. XXIII, p. 331, Dingl. Polyt. Journ., Bd. 125, S. 423, H. M. Howe, The Metallurgy of Steel, p. 155.

Digitized by Google

In England wurden 1878 zu Barrow von Bolkow, Vaughan & Co. dichte Güsse unter Dampfdruck hergestellt. Man benutzte diesen da, wo die Whitworthpresse, die sich nur für Blöcke oder schwere, massive Gufsstücke eignete, nicht mehr verwendbar war.

Die Firma Fr. Krupp in Essen erzeugte dichte Stahlgüsse unter Druck von Kohlensäure in geschlossenen Formen, worauf sie 1881 ein Patent erhielt (D. R. P. Nr. 17056). Der Druck, den die Kohlensäure ausübte, stieg bei 200° C. bis zu 800 Atmosphären.

F. Gautier[1]) berichtete 1882 von Whitworths Verfahren in Manchester, dafs die Formen aus Stahlringen zusammengesetzt und mit feuerfester Masse ausgekleidet seien. Diese Formen standen auf Wagen, die nach dem Gufs unter die hydraulische Presse gefahren wurden. Auch der Kolben war durch feuerfeste Steine vor der Einwirkung des flüssigen Stahls geschützt; er übte einen Druck von 600 Atmosphären aus, mit dem er 20 bis 45 Minuten, je nach der Gröfse des Gufsstücks, auf die erstarrende Masse wirkte. Hierdurch wurde der gröfste Teil der Gase von dem Gufs absorbiert, ein kleinerer Teil entwich durch die Fugen der Form. Im Moment des Erstarrens trat trotzdem eine Kontraktion mit Gasausscheidung ein, welche veranlafste, dafs oft die Hälfte bis ein Drittel des Blockes abgeschnitten werden mufste.

Der amerikanische Hüttenmann Thomas Egleston sah 1884 das Prefsverfahren auf dem neuen Werk von Whitworth in Manchester, wo es sowohl für kleine Gufsstücke, wie für Kanonenrohre angewendet wurde. Der Stahl war im Siemens-Martinofen geschmolzen. Für die Kanonen wurden cylindrische Blöcke gegossen. Um den Formsand fest einstampfen zu können, wurde die Form innen mit Eisenstäben ausgekleidet. Die Form, die auf einem Wagen stand, wurde nach dem Giefsen sofort unter die Presse gefahren; der Prefskolben verschlofs die Öffnung, und indem er in Bewegung gesetzt wurde, ergofs sich ein Funkenschauer aus derselben. Der Druck betrug 13000 Pfund auf den Quadratzoll, die Druckzeit etwa eine halbe Stunde. Whitworth hatte versuchsweise bis zu 20 Tonnen pro Quadratzoll gedrückt, aber gefunden, dafs eine Pressung über 6 Tonnen keine besonderen Vorteile mehr biete. Das Volumen änderte sich in den ersten fünf Minuten um $^1/_6$ bis $^1/_8$ der Länge. Nach Beendigung der Druckzeit wurde der Druck auf 1500 Pfund pro Quadratzoll ermäfsigt und der Gufs so erkalten lassen.

---

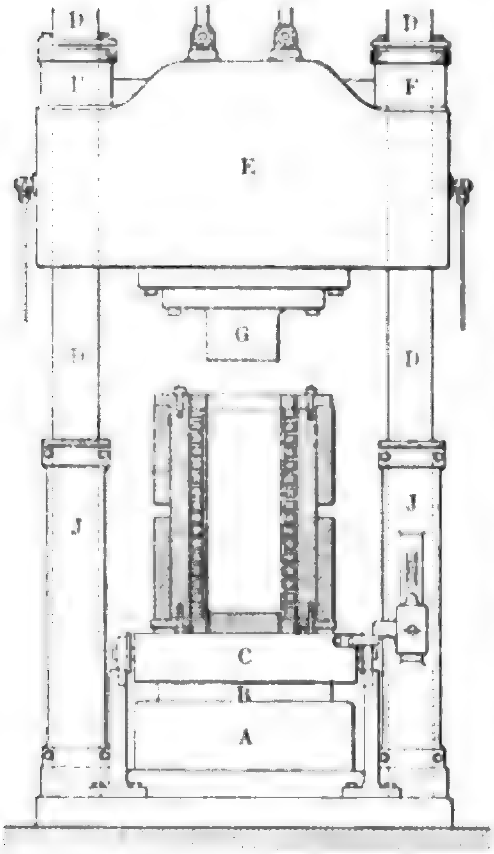
[1]) Génie industriel 1882, p. 385.

Digitized by Google

Fig. 297 stellt die groſse Whitworthpresse zum Verdichten des flüssigen Stahls in Blöcken in dem Stahlwerk von Bethlehem in Nordamerika (1891) dar [1]).

H. Tholander schlug vor (1882), blasenfreien Guſs dadurch zu erhalten, daſs er die geschlossenen Guſsformen luftleer machte. Dieses Verfahren wurde weiter ausgebildet, z. B. von der Ellis May-Vacuum-Steel-Syndicate-Gesellschaft in London, die sich 1898 eine Vorrichtung zum Gieſsen schwerer Guſsstücke im Vacuum patentieren lieſs (D. R. P. Nr. 109 819).

Fig. 297.



J. B. D. A. Boulton, Jersey City (U. S) [2]) will durch fortwährendes Aufeinandersetzen von offenen Koquillen ein kontinuierliches Gieſsen und blasenfreie Blöcke erhalten, weil dann die Gase durch die noch flüssigen Teile leicht entweichen können. Durch Einlage eines Blattes Asbest zwischen je zwei Koquillen werden Trennungsflächen gebildet, die das Abbrechen der einzelnen Blöcke erleichtern sollen. L. Sebenius [3]), Direktor der Nykroppa-Eisenwerke in Schweden, benutzte mit Erfolg das nicht neue Mittel der Schleuderkraft zur Herstellung dichter Güsse selbst für Geschützguſs (1890, D. R. P. Nr. 52 332). 1890 wendete S. T. W. Williams auf den Tacony-Werken (U. S.) Koquillen mit beweglichen Seitenwänden zum Zweck der Verdichtung des Stahls durch hydraulischen Druck an. H. Aitken bediente sich derselben Art von Formen ohne Druck einfach zur Begrenzung des Querschnitts [4]).

Der Guſs unter Druck zur Erzeugung blasenfreier Guſsstücke hat sich bewährt und sich im ganzen als zuverlässiger erwiesen als die Verwendung chemischer Mittel zu demselben Zweck. Auch verbessert hoher Druck den Stahl. Whitworth erzeugte bei einer

---

[1]) Stahl und Eisen 1892, S. 170.
[2]) Daselbst 1889, S. 767.
[3]) A. a. O. 1893, S. 152; Jern. kont. Ann. 1893, S. 35.
[4]) Stahl und Eisen 1890, S. 907.

Digitized by Google

Pressung von 30 kg pro Quadratmillimeter Stahl von 63 kg Bruchfestigkeit und 30 Prozent Dehnung. Dagegen sind die erforderlichen Vorrichtungen in vielen Fällen zu kostspielig.

Die chemischen Mittel zur Erzeugung dichter Stahlgüsse

haben deshalb eine grofse Wichtigkeit und noch verbreitetere Anwendung erlangt. In Betracht kommen hierbei besonders Zusätze von Mangan, Silicium und Aluminium. Schneider & Co. zu le Creuzot liefsen sich 1888 einen Zusatz von Kupfer zu Stahl für Panzerplatten und Geschütze patentieren (Engl. Pat. Nr. 16 569 vom 14. November 1888). Das Mangan ist für den Flufseisenbetrieb unentbehrlich. Mushets Erfindung der Reduktion des überblasenen Konverterstahls und der Nachkohlung durch manganreiches Spiegeleisen hat dem Bessemerprozefs erst die richtige Lebenskraft gegeben. Aber auch das fertige flüssige Metall kann noch durch einen Zusatz von Manganeisen verbessert und blasenfreie Güsse damit erzielt werden. Gerade die Bessemergesellschaft in Sheffield wendete mit Vorliebe Ferromangan, welches unter Umrühren in der Pfanne zugesetzt wird, zur Erzielung dichter Güsse an. Dabei ist es nötig, einen grofsen verlorenen Kopf zum Nachgiefsen vorzusehen. Der 1883 so erzeugte Stahlgufs enthielt 0,30 bis 0,40 Prozent Mangan, eine Spur von Silicium, 0,06 Prozent Schwefel und 0,07 Prozent Phosphor.

Als wichtigster Stoff zur Erzeugung blasenfreier Güsse hat sich aber das Silicium bewährt, welches eine grofse Reduktionskraft besitzt, so dafs es nicht nur vorhandene Metalloxyde, sondern bei der Schmelzhitze des Flufseisens selbst Kohlenoxydgas zerlegt. Schon lange ehe man sich über die chemischen Vorgänge ganz klar war, wendete man siliciumreiches Roheisen als Nachsatz zur Erzeugung dichten Gusses an. Dies that H. Bessemer in dem Stahlwerk von H. Bessemer & Co. zu Sheffield schon 1862[1]) und etwa um dieselbe Zeit auch bereits Fr. Krupp in Essen.

Wirksamer noch als das graue, siliciumreiche Roheisen, Ferrosilicium oder Eisensilicid erwies sich der Silicospiegel, Ferromangansilicium oder Eisenmangansilicid, welches A. Pourcel zu Terrenoire zuerst darstellte und verwendete. Diese Legierung, von Pourcel im Hochofen erblasen, enthielt meist 20 Prozent Mangan und 8 bis 12 Prozent Silicium.

---

[1]) Nach W. D. Allen, Stahl und Eisen 1883, S. 342.

Digitized by Google

Hierüber hat Gautier[1]) 1876 zuerst Mitteilungen veröffentlicht. Die Legierung wurde rotglühend dem Metallbade zugesetzt, welches sich sofort beruhigte und blasenfreie Güsse lieferte. Gautier, Harmet, Stead und die meisten Metallurgen jener Zeit waren der Ansicht, dafs die Wirkung des Silicospiegels auf der Zersetzung des Kohlenoxydgases durch Silicium und gleichzeitiger Reduktion gelöster Oxyde durch Mangan beruhe, indem sie annahmen, dafs Kohlenoxydgas die Blasenbildung veranlasse.

F. C. G. Müller, der seit 1878 die Ausscheidung und Absorption der Gase bei Stahlgüssen genauer untersuchte, wies nach, dafs das Kohlenoxydgas, welches nur wenig im Eisen löslich ist, bei der Blasenbildung beim Erstarren des Stahls nur eine unwesentliche Rolle spielt, dafs das absorbierte Gas neben Stickstoff hauptsächlich Wasserstoff ist, und dafs die Wirkung des Siliciumzusatzes darin bestehen mufs, das Metall zu befähigen, eine gröfsere Menge Wasserstoff in Lösung zu behalten, d. h. die Gasabsorptionsfähigkeit zu steigern.

Pourcels Verfahren erwies sich als erfolgreich, und sein — oder, wie man gewöhnlich sagt, das — Terrenoire-Verfahren wurde zur Herstellung blasenfreier Güsse schon 1876 von Sergius Kern auf dem Obuchkoff-Stahlwerk bei St. Petersburg und in den folgenden Jahren in England, Schweden und den Vereinigten Staaten von Amerika eingeführt. 1880 erzielte man auf dem Cleveland-Walzwerk dichte Stahlgüsse durch Zusatz von Eisensilicid im Martin-Flammofen vor dem Abstechen. Hierzu eignete sich das von Biermann in Hannover im Tiegel dargestellte hochhaltige Eisensilicid oder noch besser Eisenmangansilicid, wie es Gautier versuchsweise schon 1877 bereitet hatte.

Ähnlich war das Verfahren auf den Werken der Schottischen Stahlgesellschaft zu Glasgow, wo man nur in Siemensöfen schmolz.

In neuerer Zeit wird Siliciumcarbid, das die Carborundumgesellschaft am Niagara im grofsen darstellt, zur Stahlfabrikation benutzt. Die ersten Versuche machte John Darby 1895 in England, dem dann Fritz Lürmann und Kapitän A. E. Hunt folgten[2]).

Bei der Stahlgiefserei aus kleinen Konvertern nach dem Verfahren von Ch. Waldrand & E. Légenisel (D. R. P. Nr. 64950 vom 24. September 1891) hat der Nachsatz von Eisensilicid auch noch den Zweck, die Metallmasse durch die Oxydation des Siliciums zu erhitzen, die Masse dadurch dünnflüssig und zum Gufs kleiner Gufsstücke geeignet zu machen.

---

[1]) Gautier, Les alliages ferro-métalliques.

[2]) Stahl und Eisen 1900, S. 207.

Digitized by Google

Der Zusatz von Silicium, so vorteilhaft er ist, wird aber nachteilig, wenn ein Überschufs angewendet wird und mehr als eine ganz geringe Menge in den Stahl übergeht, indem derselbe dadurch verschlechtert oder unbrauchbar wird. Diese Frage war wichtig genug, um die British Association for the advancement of Science zu veranlassen, 1886 ein Komitee, bestehend aus den hervorragenden englischen Eisenhüttenmännern Turner, Chandler, Roberts-Austen und Tilden zu beauftragen, auf Vereinskosten diese Frage zu untersuchen und darüber zu berichten. Das Ergebnis läfst sich in folgende Sätze zusammenfassen: 1. Ein kleiner Zusatz von Silicium giebt gesunden Stahl und erhöht seine Dehnbarkeit und Härte, soll der Stahl aber gewalzt werden, so darf die Menge 0,15 Prozent nicht überschreiten; 2. für Stahlgüsse ist die Grenze 0,30 Prozent; 3. einige hundertstel Prozent sind nötig, um gesunden Stahl zu erzeugen und es kann schon ziemlich viel Silicium vorhanden sein, ehe die Güte des Stahls leidet; 4. Mangan scheint die schlechten Eigenschaften des Stahls, welche Silicium bewirkt hat, zu neutralisieren.

Nach F. C. G. Müller[1]) soll ein Siliciumgehalt bis 0,8 Prozent nicht nachteilig und ein Gehalt von 0,5 bis 0,6 Prozent sogar noch vorteilhaft sein. Auch R. A. Hadfield[2]) hat zahlreiche Versuche über den Einflufs des Siliciums auf Flufseisen gemacht. Danach wird die Schweifsbarkeit durch einen Siliciumgehalt beeinträchtigt, die Zugfestigkeit bis zu einem Gehalt von 4 Prozent erhöht, die Zähigkeit aber in gleichem Mafse verringert. Bei dem Stahlgufs bewirkt ein Siliciumgehalt Dichtigkeit, erhöht aber die Schwindung. Ein mäfsiger Siliciumgehalt erscheint seiner dichtenden Wirkung wegen nützlich.

Ganz ähnlich wie das Silicium wirkt das Aluminium auf flüssigen Stahl und wird deshalb in neuerer Zeit, seitdem durch die verbesserten Gewinnungsmethoden des Aluminiums sein früherer hoher Preis bedeutend heruntergegangen ist, häufig zur Erzielung blasenfreier Stahlgüsse angewendet. Aluminium wirkt noch stärker reduzierend als Silicium und Mangan und sein Oxyd wird nicht so leicht wieder reduziert. Hierin liegt ein Vorzug. Wie das Silicium scheint es die Lösungsfähigkeit der Gase im Stahl zu steigern. Dagegen mufs bei Aluminium noch mehr wie bei Silicium ein Überschufs vermieden werden, indem ein solcher das Eisen dickflüssig, brüchig und

---

[1]) Stahl und Eisen 1888, S. 375.

[2]) Vortrag im Herbstmeeting des Iron and Steel Institute, Stahl und Eisen 1889, S. 1000.

Digitized by Google

unschweifsbar macht; man setzt deshalb in der Regel nicht über 0,1 Prozent zu.

Anfangs macht ein Zusatz von Aluminium das Flufsmetall allerdings dünnflüssig durch die bei seiner Oxydation entwickelte Wärme und nicht, wie man früher annahm, dadurch, dafs es den Schmelzpunkt des Stahls bedeutend herabsetze. Noch im Jahre 1891 wurden in einem Aufsatz der Zeitschrift für angewandte Chemie (S. 150) die Wirkungen des Aluminiumzusatzes wie folgt angegeben: 1. der Schmelzpunkt wird um etwa 300° C. herabgedrückt, so dafs das Metall nicht überhitzt zu werden braucht; 2. die Schmelze wird ganz dünnflüssig, gestattet das leichte Entweichen der Gase und füllt die feinsten Formen scharf aus; 3. der Gufs wird völlig dicht; 4. jede Blasen- und Porenbildung wird vermieden; 5. eine bedeutend höhere Festigkeit wird erzielt. Es wird ein Zusatz von 0,3 bis 0,7 Prozent Aluminium oder von 3 bis 7 Prozent einer geschmolzenen Ferroaluminiumlegierung empfohlen, welche am besten beim Giefsen in die Pfanne oder die ausfliefsende Schmelze eingetragen werden soll. Osmond[1]) hat aber durch genaue Messungen schon 1890 nachgewiesen, dafs ein Aluminiumzusatz die Schmelztemperatur des Stahls nur ganz unbedeutend herabsetze. Flufseisen, das eine Schmelztemperatur von 1500 C. hatte, zeigte bei 5,8 Prozent Aluminium eine Schmelztemperatur von 1475° C.

Zu der Annahme der bedeutenden Herabsetzung der Schmelztemperatur durch Aluminium hatte die Erfindung des sogenannten Mitisgusses, die wir deshalb hier besprechen wollen, Veranlassung gegeben. Mitisgufs ist in Tiegeln unter Aluminiumzusatz geschmolzenes und in Formen gegossenes weiches Eisen, das ein besserer Ersatz für schmiedbaren oder Tempergufs sein sollte. Die Erfindung rührte von dem Schweden Thorsten Nordenfeldt her. C. G. Wittenström konstruierte den mit Petroleum zu heizenden Schmelzofen. Beide nahmen 1885 Patente in England, Deutschland u. s. w.[2]). Faustmann und Oestberg kauften das Patentrecht für Schweden und legten 1886 in Carlsvick bei Stockholm eine Giefserei für Mitisgufs an.

J. Oestberg aus Stockholm gab in einem Vortrage, den er in der Versammlung der amerikanischen Bergingenieure (mining engineers) zu Pittsburg hielt, das Verfahren weiteren Kreisen bekannt. Hierbei behauptete er noch, die Schmelzhitze des Eisens werde durch

---

[1]) Journal of the Iron and Steel Institute 1890, II, p. 177.

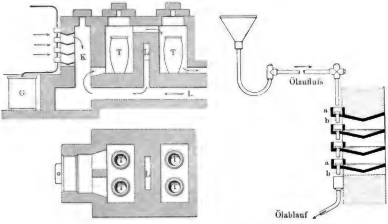
[2]) In Engineering Bd. XXXIX, S. 561. D. R. P. Nr. 32 119 1885 erteilt. Engl. Pat. vom 8. Juli 1885.

Digitized by Google

den Aluminiumzusatz um 160 bis 280° C. erniedrigt. Ein Hauptteil der Erfindung bildet der mit Petroleum geheizte Ofen, in dem die zum Schmelzen des weichen Eisens nötige Temperatur erzeugt wird. Schmiedeeisen oder Stahl wird unter Zusatz von 0,1 bis 0,5 Prozent Aluminium in Tiegeln geschmolzen.

Der Ofen von Carlsvick fafste drei hintereinander stehende Tiegelpaare; sobald ein Paar herausgenommen und entleert war, wurde das folgende an dessen Stelle gerückt und ein neues Paar nachgesetzt. So konnte in 24 Stunden acht- bis zehnmal gegossen werden. Der

Fig. 298.



Einsatz eines Tiegels betrug 60 Pfund. 1890 errichtete die Sächsische Webstuhlgesellschaft zu Chemnitz[1]) eine Anlage für Mitisgufs. Fig. 298 zeigt die Einrichtung des Schmelzofens, der mit Petroleum oder Petroleumrückständen geheizt wird. Das Öl tritt in drei übereinander liegende flache Öltröge bei *a* ein, und der Überflufs läuft bei *b* in den darunterliegenden Tiegel ab, so dafs die Tröge immer gleichmäfsig gefüllt bleiben. Diese Tröge sind gewissermafsen die Roststäbe der Feuerung. Zur Vergasung streicht seitlich eintretende vorgewärmte Luft über das Öl. Der Gasstrom tritt in den Kanal *K*, wo er mit dem erwärmten Luftstrom *L* zusammentrifft und verbrennt. Man erreicht hierdurch eine Verbrennungstemperatur von 2000° und mehr.

[1]) Siehe Vortrag von Kuntze vom 23. Mai 1893, Glasers Annalen 1893; Stahl und Eisen 1893, S. 665.

Digitized by Google

Der Mitisgufs ist weich und dehnbar, kalt gut zu bearbeiten und schweifst leicht. Der rohe Gufs zeigt eine Bruchfestigkeit von 26 kg pro Quadratmillimeter, Dehnung 5 Prozent, Kontraktion 20 Prozent. Durch Überschmieden wird das Material so verbessert, dafs die Bruchfestigkeit 40 kg pro Quadratmillimeter, die Dehnung 20 Prozent, die Kontraktion 50 Prozent beträgt. Auch in England und Amerika entstanden Mitisgufswerke. Ludwig Nobel nahm ebenfalls ein Patent auf einen Schmelzofen mit Petroleumheizung. Einer allgemeinen Verwendung des Mitisgusses steht aber der hohe Preis von durchschnittlich einer Mark pro Kilogramm im Wege; für einzelne Zwecke ist er vorzüglich.

Geringwertigerer Stahlgufs wird häufig durch Zusammenschmelzen von Roheisen und Stahlabfällen im Kupolofen erhalten. Dazu gehörte z. B. der härtbare Stahlgufs, den die Gebrüder Glöckner zu Tschirndorf in Schlesien 1883 besonders zum Gufs von Eisenbahnglocken und Bremsklötzen verwendeten. Der Stahlzusatz schwankte hierbei zwischen 20 und 80 Prozent.

Der Temperstahl, dessen Fabrikation 1876 von Belgien ausging und dann besonders in Rheinland und Westfalen in Aufnahme kam, wurde aus im Kupolofen umgeschmolzenen Flufsstahlabfällen geschmolzen und war ein zwischen Stahl und Gufseisen stehendes Produkt. Die Gufsstücke wurden 11 bis 14 Tage in einem Glühofen erhitzt oder getempert, wodurch sie gröfsere Festigkeit und Zähigkeit erhielten als Stahlformgufs. Er wurde besonders für eiserne Laufräder in Belgien, Westfalen, dem Saargebiet und Oberbayern verwendet. Auch in England und Amerika bediente man sich des Temperstahlgusses in ähnlicher Weise. James Yate Johnson gofs 1888 Stahlräder in Metallformen.

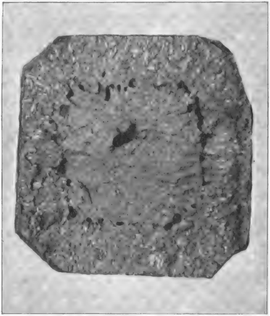
Von theoretischer und auch von praktischer Wichtigkeit war der Nachweis, dafs geschmolzene Stahlmassen nicht gleichmäfsig erstarren und dafs die chemische Zusammensetzung der äufseren und inneren, der unteren und der oberen Masse nicht gleich ist.

Tschernoff hatte schon 1868 auf Grund seiner Versuche auf dem Obuchkoff-Stahlwerk die Theorie entwickelt, dafs geschmolzener Stahl eine amorphe Flüssigkeit sei, in welcher die Stahlatome wie in einem Bade schwämmen. Diese Atome schiefsen beim Erstarren zu Krystallen zusammen. Heftiges Rühren und Schütteln bewirkt, dafs sich nur kleine Krystalle bilden können, infolgedessen feinkörniger Stahl entsteht. Tschernoff konnte auf diese Weise Stahl von fast beliebigem Korn erzielen. Hieraus läfst sich schon ver-

Digitized by Google

muten, dafs die beim Erstarren sich abscheidenden Krystalle und die Lösung nicht die gleiche Zusammensetzung haben, dafs besonders bei langsamem Erstarren die äufsere und innere Stahlmasse nicht gleich sein werden. Diese Ansicht hatte in England Stubbs zuerst ausgesprochen, aber erst 1882 wies Geo Snelus[1]) zu Worthington

Fig. 299.



durch Versuche und chemische Analysen dies nach. Er fand, dafs sich die Nebenbestandteile des Eisens mehr in der Mitte und am Kopfe finden als am Boden und am Rande. Aus den Durchschnittswerten mehrerer Analysen, welche alle von verschiedenen Teilen eines Stahlblocks gemacht wurden, ergaben sich (nach Ledebur) folgende Zahlen:

	Kohlenstoff	Schwefel	Phosphor
Oben	0,68	0,14	0,14
Unten	0,39	0,04	0,06
Am Rande oben	0,44	0,032	0,044
In der Mitte oben	0,77	0,187	0,142

[1]) G. J. Snelus, Über die Verteilung der Elemente in Stahlingots. Glasers Annalen IX, S. 179.

Digitized by Google

Der Amerikaner W. Cheever[1]) hat 1884 ähnliche Untersuchungen angestellt und die Angaben von Snelus bestätigt gefunden. Aus dem Gemenge von Eisen mit Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor u. s. w. scheidet sich beim Erstarren von aufsen nach innen die schwerer schmelzbare, reinere Eisenmasse zuerst ab, während ein durch seinen gröfseren Gehalt an Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor u. s. w. leichtflüssigeres Gemenge nach der Mitte zu langsam erstarrt. Es ist deshalb besser, Stahlgüsse rasch abzukühlen.

Auch die Blasenbildung schreitet vom Rande nach der Mitte zu konzentrisch vor, wie aus Fig. 299 (a. v. S.) nach einer Abbildung von

Fig. 300.

Fig. 301.

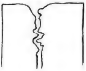
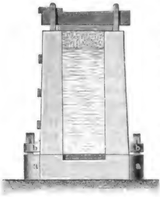


Fig. 302.

H. Wedding zu ersehen ist. Nach Tetmajer treibt Silicium die Blasen nach aufsen, Mangan nach innen. Letzteres ist besser für Schienen, weil die Laufflächen aufsen liegen.

Da die Kontraktion des Stahls gröfser ist, so ist auch das Saugen oder die Lunkerbildung, Fig. 300 bis 302, stärker als bei Gufseisen, wodurch noch höhere Trichter und verlorene Köpfe nötig werden. Aus den beiden Gründen kommen bei Stahlgüssen, namentlich in den Blasenräumen, öfters Aussaigerungen vor, welche besonders von A. Ledebur nachgewiesen und untersucht worden sind[2]).

Fig. 303.



H. Reufs[3]) analysierte 1891 eine solche Aussaigerung aus einer 7 Tonnen schweren Walze von Bessemerstahl und fand in derselben eine grofse Anhäufung der Nebenbestandteile. Neuerdings haben unter anderen A. Pourcel

---

[1]) W. Cheever, The segregation of impurities in Bessemer steel ingots. Transaction of the Americ. Inst. of Mining Engineers XIII, p. 167.

[2]) Ledebur, Handbuch der Eisen- und Stahlgiefserei 1892, S. 31.

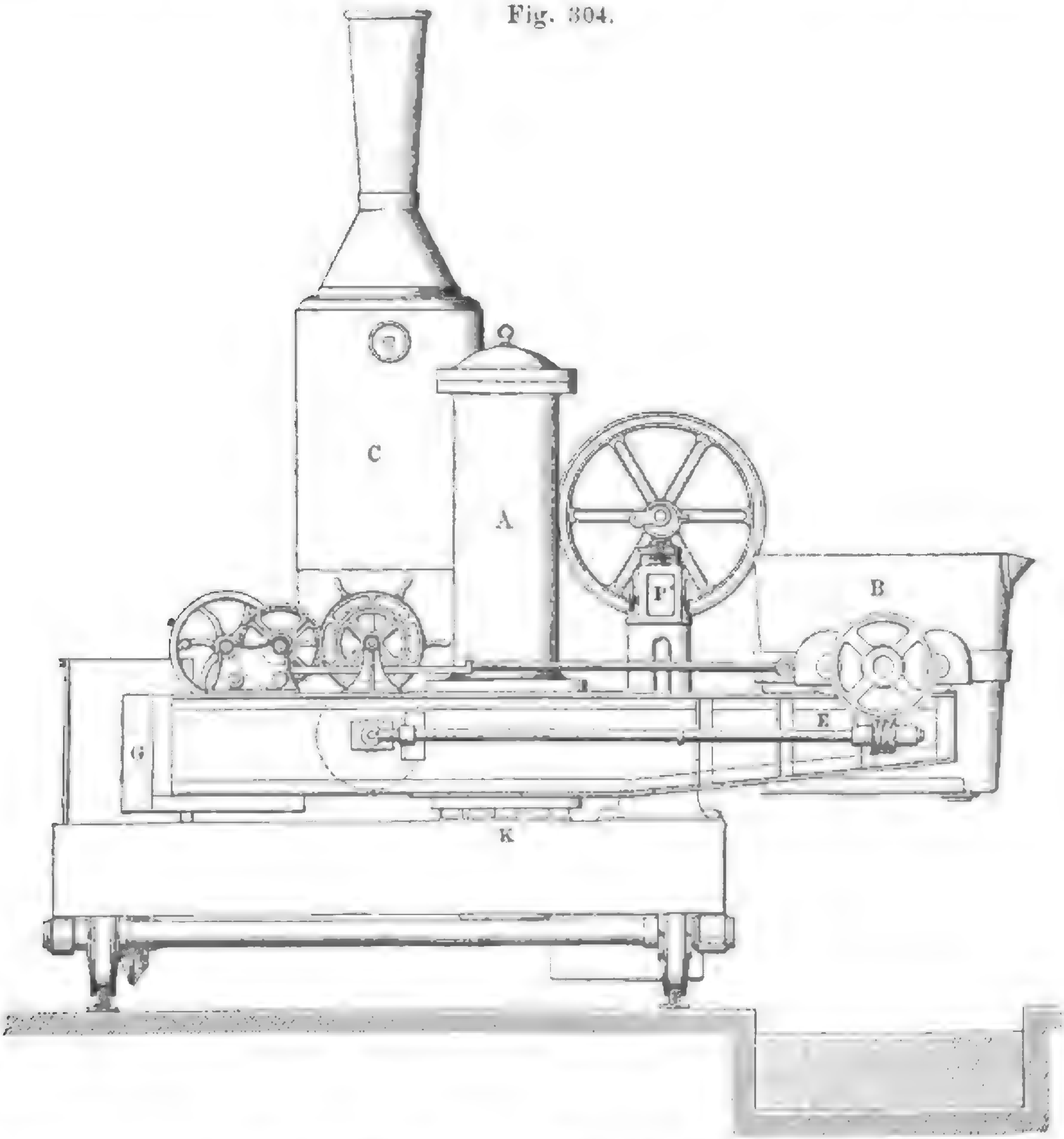
[3]) Siehe Stahl und Eisen 1891, S. 643.

Digitized by Google

(1893) und A. Martens[1]) (1894) sich mit der Saigerung in Eisen- und Stahlgüssen beschäftigt.

Der Gufs der Blöcke zur Weiterverarbeitung geschieht in gufseisernen oder Stahlformen. Bei nicht zu grofsen Blöcken, die man unter Druck erstarren lassen will, wendet man meist die Fig. 303 dargestellte Konstruktion an, wobei die flüssige Masse nicht bis zum

Fig. 304.



Rande, sondern bis etwas darunter und der entstehende Zwischenraum mit trockenem Sand gefüllt wird; über diesen kommt ein eiserner Deckel, der mit Keilen fest angetrieben wird. Bei diesen geschlossenen Formen mufs natürlich auch der Boden fest schliefsen. Die Gruppenformen für aufsteigenden Gufs haben wir bereits erwähnt. Schon 1873 wurden die von Pink in Hörde konstruierten Stahlgufs-

---

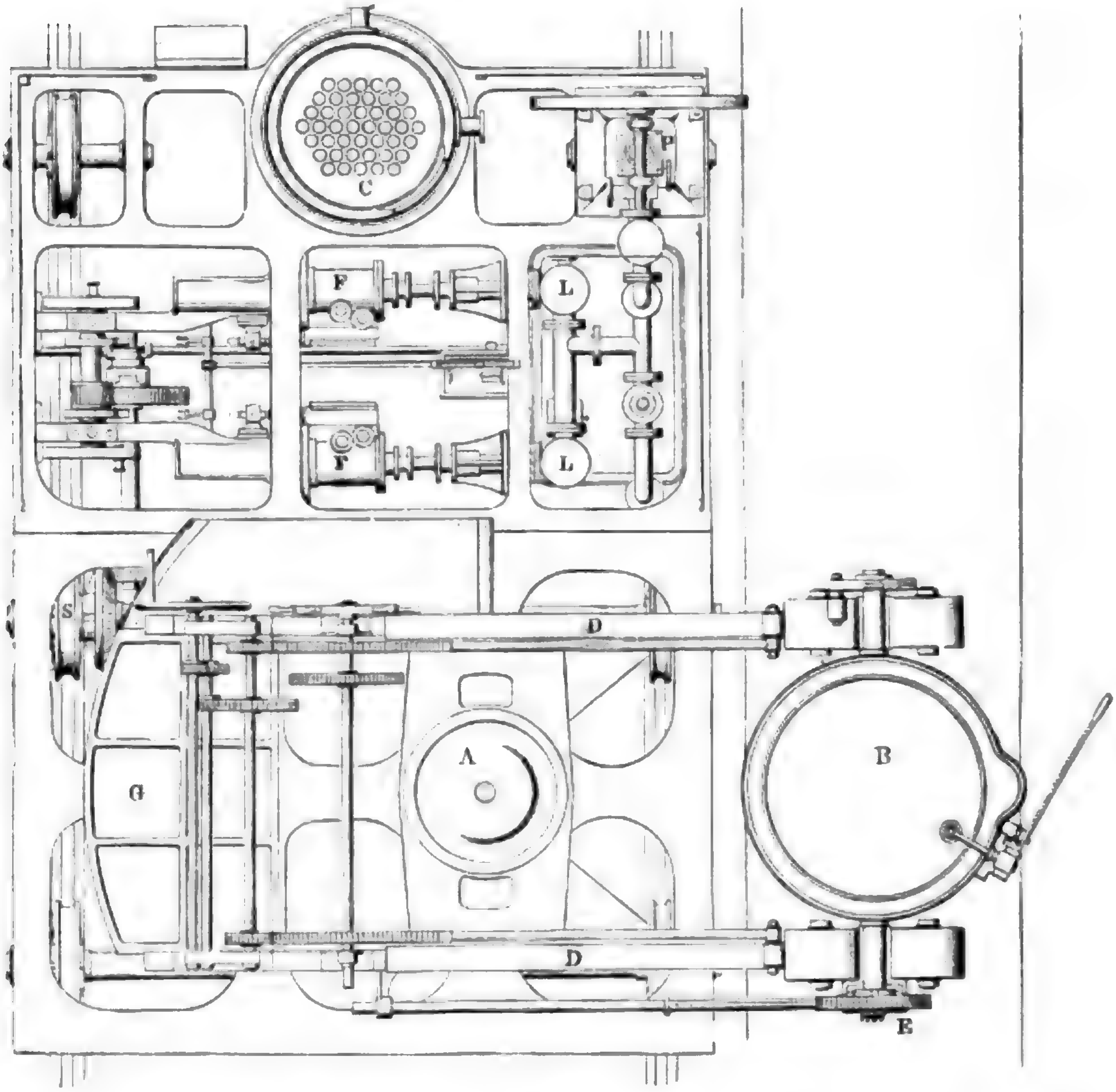
[1]) Siehe Stahl und Eisen 1894, S. 797.

Digitized by Google

Gruppenformen auf dem Elba-Stahlwerk bei Swansea eingeführt. Man hat auch verschiedene Arten geteilter Blockformen hergestellt, so z. B. Hill und Henderson 1892. Sebenius giefst auch Blöcke auf einem Drehgestell unter Centrifugaldruck.

Die Giefspfannen waren früher meist mit Drehkränen verbunden und wurden durch Wasserdruck bewegt. Die Entleerung erfolgte

Fig. 305.



durch eine Öffnung am Boden, die mittels eines Pfropfens, der mit Stange und Hebel auf und ab bewegt wird, verschlossen ist. In neuerer Zeit macht man häufiger die Giefspfanne fahrbar, indem man sie auf ein mit einer Lokomobile verbundenes Fahrgestell, Fig. 304 (a. v. S.) und 305, befestigt. Das Kippen der Pfanne geschieht mittels Schneckenrad und Schnecke [1]). Solche Stahlgiefswagen oder Rollkräne

[1]) Siehe Stahlgiefswagen der Duisburger Maschinenfabrik; Stahl und Eisen 1892, S. 626.

Digitized by Google

wendet man für kleineren Betrieb auch mit Handgetriebe an. Eine selbstthätige Giefspfanne liefs sich J. Burrow 1887 patentieren. Grofse Lokomotivgiefswagen für 25 Tonnen Stahlgewicht baute 1897 die Baroper Maschinenbaugesellschaft[1]).

Stahlformgufs.

Der eigentliche Stahlformgufs erlangte in dieser Periode eine grofse Bedeutung, wozu ganz besonders die Fortschritte des Martinierens beitrugen. Früher hatte man Formgufs fast nur aus Tiegelstahl gegossen und nur für grofse Güsse auch den Bessemerstahl mit zu Hülfe genommen.

An Massenstahlgüssen stand Fr. Krupp in Essen unübertroffen da. Am 10. Januar 1872 wurde auf dem Kruppschen Stahlwerk ein Gufsstahlblock von 50 Tonnen Gewicht gegossen. In Formgufs zeichnete sich, wie früher, die Bochumer Gufsstahlfabrik aus, die z. B. 1873 in Wien aufser ihren berühmten Stahlglocken einen Dampfcylinder mit Dampfkanälen und Bodenplatte in einem Stück von 7 Tonnen Gewicht ausstellte. Für den Tiegelgufs war die Einführung der Siemensöfen ein grofser Fortschritt. Solche Öfen für 25 Tiegel wurden zuerst in Österreich gebaut. Die später von Krupp errichteten Öfen fafsten 80 bis 90 Tiegel.

Seit Mitte der siebziger Jahre erlangte erst der Flammofen-Stahlgufs gröfsere Wichtigkeit, die nach Einführung des basischen Verfahrens rasch zunahm, indem dieses ein weicheres Material gab und auch der Gufs mit basischem Material besser und sicherer von statten ging als mit saurem, das härter war und sowohl dadurch als durch die stärkere Kontraktion leichter zersprang.

Aber schon vor Einführung des basischen Verfahrens gofs man direkt aus dem Martinofen, in Frankreich zu Terrenoire seit 1875, in den Vereinigten Staaten seit 1876. Früher waren die Stahlgufsstücke meist sehr blasig gewesen. Die Entdeckung, dafs Zusätze von Mangan, Silicium oder Aluminium blasenfreien Gufs erzeugten, war deshalb ein wesentlicher Fortschritt für den Stahlformgufs. John Percy empfahl 1882 Silicospiegel mit 20 Prozent Mangan und 2 Prozent Silicium, weil er geringeres Aufkochen als gewöhnliches Spiegeleisen bewirke. Sandberg zog Mangansilicid vor[2]).

---

[1]) Abgebildet: Stahl und Eisen 1897, S. 569.
[2]) Stahl und Eisen 1883, S. 168.

Digitized by Google

In Deutschland kombinierte man an einigen Orten den Martin- und Tiegelofen in der Weise, dafs man den im Martinofen geschmolzenen Flufsstahl in Tiegel gofs und diese im Tiegelofen noch einige Zeit einer starken Hitze vor dem Vergiefsen aussetzte.

Ein anderer Fortschritt war die Ausbildung der Kleinbessemerei, welche namentlich in Frankreich für den Stahlgufs verwendet wurde und deren Bedeutung heutzutage fast ausschliefslich in dieser Richtung liegt. Besonders waren es Charles Walrand und Eugène Legenisel[1]) in Paris (D. R. P. Nr. 64950 vom 24. September 1891), die durch die zweckmäfsige Konstruktion ihrer kleinen Konverter und durch den Nachsatz von Silicium- oder Phosphoreisen zur Erhöhung der Hitze und Flüssigkeit des Flufsmetalls den Stahlgufs förderten.

Das Formmaterial, worin Stahl gegossen wird, mufs sehr feuerbeständig sein; der Formsand der Eisengiefsereien ist dazu nicht zu gebrauchen. Man nimmt eigentliche Masse aus feuerfestem Thon, dem man zu gröfserer Beständigkeit Chamotte und gemahlene Koks zusetzt.

Alle Masseformen werden in Darrkammern scharf getrocknet, infolgedessen sind mehr und gröfsere Trockenöfen nötig als in den Eisengiefsereien. In den Vereinigten Staaten baute man für diesen Zweck 1878 Darrkammern von 65 Fufs Länge und 12 Fufs Breite. — Für die Formmasse wurden je nach den örtlichen Verhältnissen vielerlei Mischungen gewählt, so z. B. 1883 gebrannter Quarzsand aus Finnland mit 2 bis 3 Prozent Leimwasser zu Mehl angemacht[2]). J. Molles in Würzburg veröffentlichte 1885 folgendes Rezept: 34 bis 36 Liter scharf gebrannter, zubereiteter, reiner Thon, 1 Liter Zucker, 1 Liter Wasser, $^1/_3$ Liter Paraffinöl gemischt, getrocknet und vor dem Verwenden gesiebt. Für die Chamotte nahm man anfangs gemahlene Schmelztiegelscherben, dann gemahlene, gebrannte Thonziegel. Für kleine Gegenstände mischte man Quarzsand und Mehl, statt des letzteren später Melasse.

Beim Gufs kleiner Stücke mufs das Metall sehr heifs sein. A. Pourcel zu Terrenoire hat sich seit 1875 besondere Verdienste um die Herstellung von Stahlgufs für Konstruktionszwecke als Ersatz für Eisengufs, wo es sich um besondere Festigkeit handelt, erworben. Es gelang ihm zuerst, gröfsere Gufsstücke dicht zu erhalten[3]), die er

---

[1]) Chemiker-Ztg. 1892, S. 1864. Stahl und Eisen 1892, S. 1004.
[2]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1883, S. 262.
[3]) Vergl. Berg- und Hüttenm. Ztg. 1883, S. 474.

Digitized by Google

auf der Pariser Ausstellung 1878 vorführte. Er wies auf die Wichtigkeit der chemischen Zusammensetzung hin und empfahl einen Kohlenstoffgehalt von 1 bis 1,5 Prozent. Seit Einführung des basischen Flammofenbetriebes benutzte man aber weicheres Material mit geringerem Kohlenstoffgehalt.

H. L. Gantt, gestützt auf amerikanische Erfahrungen, empfahl 1892 für Getriebe einen Kohlenstoffgehalt von 0,4 bis 0,6 Prozent, für geringe Maschinenteile nicht über 0,4 Prozent und, wenn dieselben starken Stöfsen unterworfen werden, nicht über 0,2 Prozent. Solche Güsse haben eine Zerreifsfestigkeit von 42 bis 45 kg pro Quadratmillimeter und eine Längenausdehnung von 15 Prozent. Sie eignen sich für Maschinen-, Hoch- und Schiffsbau. Hierfür wählte man in den Vereinigten Staaten in der Regel Flufsstahl von 0,2 bis 0,3 Prozent Kohlenstoffgehalt. Unmittelbar vor dem Giefsen setzt man neuerdings oft in der Pfanne Aluminium zu, doch nicht mehr als 1 Promille. In Österreich hat man durch gröfseren Zusatz von Ferroaluminium, ohne Mangan oder Silicium dichte Gufsstücke hergestellt[1]).

Gröfsere Gegenstände werden meistens aus weichem, kohlenstoffarmem Martinflufseisen gegossen, so z. B. die Schuhe des 1888/9 erbauten Eiffelturms, die nur 0,22 Prozent Kohlenstoff neben 0,52 Prozent Mangan und 0,20 Prozent Silicium enthalten[2]). Nach Sir Williams wurden vor 1899 bereits Stahlgufsformstücke von über 35 Tonnen Gewicht für den Schiffsbau gegossen.

Von kleineren Gufsstücken erwähnen wir den Gufs von Stahlketten in eisernen Formen, die nach dem Gufs nur gereinigt und abgerieben zu werden brauchten. Dieses Verfahren wurde 1882 von Spencer auf den Newbury-Works, 1884 von Imbert & Leger in Lyon eingeführt. Spencers Ketten ergaben bei Lloyds Proben 22 Prozent gröfsere Zugfestigkeit, als verlangt war.

Infolge der gröfseren Härte des Stahls und seiner stärkeren Kontraktion ist die Spannung in den Gufsstücken und infolgedessen die Gefahr des Zerspringens gröfser als beim Eisengufs. Es ist deshalb notwendig, die fertigen Gufsstücke zu glühen und langsam erkalten zu lassen, um diese Spannung aufzuheben. In den Vereinigten Staaten erhitzte man 1878 die Stahlgufsstücke im Flammofen bei ruhiger Flamme und liefs sie dann mit der Form zwei bis drei Tage ab-

---

[1]) Stahl und Eisen 1894, S. 299.

[2]) Nach Mahler, Génie civil XVIII, Nr. 12.

Digitized by Google

kühlen. A. Pourcel zu Terrenoire legte auf dies Ausglühen den gröfsten Wert und nahm auf sein Verfahren des Temperns und Anlassens 1882 ein englisches Patent. Ölhärtung soll angeblich die Elasticitätsgrenze und Festigkeit um 10 Prozent erhöhen. Pourcels Verfahren zur Herstellung dichter Güsse wurde in England, Schweden und Amerika mit Erfolg eingeführt.

Fig. 306.

Der aus dem Kupolofen gegossene Temperstahl wird, wie der schmiedbare Gufs, in geschlossenen Gefäfsen mit Oxydationsmitteln eingeschichtet, geglüht. Da es sich meist um groben Gufs, wie Räder und dergleichen, handelt, so pflegt man gemauerte Glühgefäfse, Fig. 306, zu verwenden [1]).

Die mechanische Formgebung.

Die mechanische Formgebung durch Hämmern, Walzen, Pressen u. s. w. erstreckt sich auf Schweifseisen wie auf Flufseisen. Die Fortschritte hierin wurden in diesem Zeitraum allerdings fast ausschliefslich durch den grofsartigen Aufschwung der Flufseisenverarbeitung herbeigeführt, kamen aber grofsenteils auch der Schweifseisenfabrikation zu gute. Die Verbesserungen, die sich auf letztere allein beziehen, betreffen besonders die Schweifsöfen, die zur Vorbereitung der Formgebung dienen. Diese wurden mit besseren Feuerungen versehen, und namentlich da, wo man geringwertigere Brennstoffe verarbeitete, gewann der Gasbetrieb ausgedehnte Anwendung. Für Steinkohlenbetrieb wurde Planrostfeuerung mit Unterwind am meisten angewendet. Hierbei benutzte man häufig die Abhitze zum Vorwärmen der Verbrennungsluft, wie z. B. 1870 bei dem Schweifsofen Howartsons zu Round

[1]) Siehe Rott, Darstellung des schmiedbaren Gusses und Tempergusses. Leipzig 1881.

Oak bei Dudley, bei dem die Zugluft in Fuchs und Esse erwärmt wurde.

Eine Halbgasfeuerung für Steinkohlen war die von Bicheroux (s. S. 806), welche in Westdeutschland und Belgien in den siebziger Jahren besonders beliebt war.

Einen Übergang zur Gasfeuerung bildete 1875 der Petroleumschweifsofen von Eames zu Jersey City, wobei das Petroleum durch überhitzten Dampf verflüchtigt wurde.

Bei den Gasschweifsöfen wendete man meist Winderhitzung an und unterschied Rekuperator- und Regeneratoröfen.

Bei dem 1871 von Ponsard erfundenen Ofen wurde die Luft durch die Verbrennungsgase erhitzt, während der Generator so dicht an dem Ofen stand, dafs die Gase heifs eintraten. Dies war also ein Rekuperationsofen.

Der 1874 von dem Amerikaner Sweet[1]) angegebene Gasschweifsofen hatte eine mit angefeuchtetem Anthrazit oder Fettkohlen durch Trichter und Schlitten kontinuierlich gespeiste Feuerung. Die erhitzte Verbrennungsluft wurde durch die Feuerbrücke und das Gewölbe eingeführt. Lürmann konstruierte 1882 ebenfalls einen Rekuperator-Schweifsofen[2]).

Von den Gasschweifsöfen mit Regeneratoren kamen zunächst die von Siemens selbst konstruierten Anfang der siebziger Jahre in England und Amerika — hier besonders grofsartig auf den Edgar-Thomson-Werken bei Pittsburg — zu vielfacher Anwendung.

Zu Prävali wurden 1872 die Gasschweifsöfen mit Lundins Kondensation verbunden. Bei dem Gasschweifsofen von C. Wittenström (1875) lagen die Regeneratoren über dem Ofengewölbe. Pütsch hatte einen Regenerativofen für Torfgas konstruiert. Torfgasschweifsöfen mit Regeneration und Lundins Kondensation waren 1877 zu Josephsthal in Böhmen und in Motala in Schweden in Betrieb.

Erwähnt sei ferner der 1890 von Biedermann und Harvey erfundene sogenannte neue Siemensofen, bei dem der Überschufs der Verbrennungsgase wieder in den Gaserzeuger geleitet wurde; sodann ein Ofen von Stubblebine in Bethlehem (Pa.), bei dem ein Teil der in der Feuerung erzeugten Gase abgeleitet und, mit Verbrennungsluft gemischt, an geeigneten Stellen durch Injektoren in den Ofen geleitet

[1]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1875, Nr. 22, S. 273; Dinglers polyt. Journ. 1876, IV. Bd., S. 150.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1882, S. 477.

UNIVERSITY

wurde, wodurch eine bessere Verteilung der Wärme bewirkt werden sollte.

Die wendbaren Gaspuddelöfen von Pietzka mit Rekuperation haben sich auch als Schweifs- und als Wärmöfen bewährt. Überhaupt wurden viele dieser Verbesserungen auch bei den Ausheiz- oder Wärmöfen für die Flufseisenblöcke in Anwendung gebracht.

Das Flufseisen, welches reiner als das Puddeleisen ist, braucht nicht der Schweifsung, deren Hauptzweck doch die Entfernung der eingemengten Schlacke ist, unterworfen zu werden, auch darf es nicht so heifs unter die Walzen kommen, weil das harte, ungeschmeidigere Material sonst zerfällt. Dagegen müssen die Blöcke, die nicht unmittelbar nach dem Gufs ausgewalzt werden können, einer gleichmäfsigen Durchheizung in geeigneten Öfen unterworfen werden. Hierzu bediente man sich zunächst geräumiger Flammöfen, die den Schweifsöfen ähnlich waren, aber keines Sammelraums für ausgeschweifste Schlacken bedurften.

An Stelle dieser wendete man seit 1882 in zunehmendem Mafse die schon öfter erwähnten Gjersschen Ausgleichgruben an, die bei starkem, regelmäfsigem Betriebe für das Ausheizen der Blöcke die Wärmöfen überflüssig machen können. Meist aber bedient man sich beider Ofenarten nebeneinander.

Bei den einfachen Gjersschen Heizgruben ist die Wärme nicht so hoch wie in den Flammöfen. Snelus fand 1882, dafs sich die Wärmeausgleichung in den gemauerten Wänden nicht rasch genug vollzog. Er schlug deshalb vor, die Wände aus Flufseisen zu machen und die Abteilungen mit zwei Deckeln, dem einen dicht über dem Block, dem anderen im Niveau der Hüttensohle zu verschliefsen. Schon im Jahre 1883 ging aber die Gesellschaft John Cockerill zu Seraing dazu über, die Durchweichungsgruben mit besonderer Gasfeuerung anzuheizen (D. R. P. Nr. 24 974).

Die Gjersschen Heizgruben bewährten sich. Ende 1883 wurden auf dem Scranton-Eisenwerk über 85 Prozent der Produktion aus in Gruben geheizten Blöcken zu Eisenbahnschienen von 120 Fufs Länge durchgewalzt.

Auf den Darlington-Stahlwerken wurden 1885 die gegossenen Schienenblöcke acht Minuten lang in den Koquillen und dann 8 bis 12 Minuten in Ausgleichsgruben sich abkühlen, beziehungsweise gleichmäfsig durchwärmen lassen und alsdann in derselben Hitze vor- und fertiggewalzt. Man hatte 22 Gruben von 400 $\times$ 480 mm Querschnitt. In neuerer Zeit ist der Gebrauch der geheizten Gruben oder Tieföfen

Digitized by Google

allgemein geworden. Zum Ein- und Austragen der Blöcke hat man geeignete Hebevorrichtungen konstruiert, so z. B. R. M. Daelen einen hydraulischen Kran [1]).

Die grofsen Flammöfen zum Ausheizen der Flufseisenblöcke, die wie die Schweifsöfen entweder mit Rostfeuerung oder mit Gasfeuerung geheizt wurden, hatten ebene, schwachgeneigte, gemauerte Böden. Auf diesen wurden die Blöcke auf der kälteren Fuchsseite eingesetzt und allmählich der Flamme entgegen nach der Feuerbrücke durch Kippen

Fig. 307.

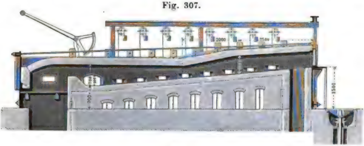
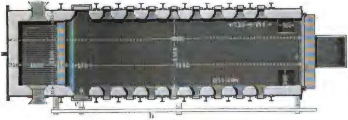


Fig. 308.



und Rollen voranbewegt; deshalb bezeichnet man diese Öfen als Rollöfen. Fig. 307, 308 zeigen einen Rollofen von Creusot aus dem Jahre 1875. Die Neigung der Sohle betrug meist ein Neuntel. — An der Feuerbrücke, die höher ist als bei den Schweifsöfen, erlangen die Blöcke die stärkste Hitze und werden durch die hier befindliche Thüre öfter mittels mechanischer Vorrichtungen, wie beispielsweise der Fig. 309 (a. f. S.) skizzierten amerikanischen Einrichtung, herausgezogen.

Die Halbgasfeuerungen von Boëtius oder Bicheroux sind in neuerer Zeit ziemlich verschwunden und zumeist durch Regenerativ-Gasfeuerungen ersetzt. Die Öfen von Pietzka und die kontinuier-

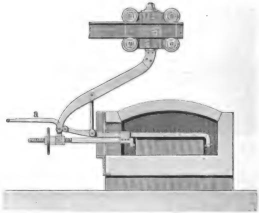
[1]) Siehe Stahl und Eisen 1889, S. 916.

Digitized by Google

lichen Stahlwärmöfen von Langhlin und Reuleaux haben sich bewährt[1]).

In Amerika ist die automatische Bedienung sowohl der Schweifs- als der Wärmöfen ausgebildet worden. Samuel T. Wellman hat sich besonders hierfür verdient gemacht und schon 1889 mehrere Patente (Amer. Pat. Nr. 394419, 394421) auf die hydraulische Beschickung von Flammöfen mit schweren Blöcken genommen.

Fig. 309.



Die heifsen Schweifseisenpakete kommen in der Regel erst unter einen Dampfhammer und dann unter die Walzen. Die Flufseisenblöcke dagegen gelangen meistens direkt unter starke Blockwalzen. Ausnahmsweise werden aber auch Flufseisenblöcke unter schweren Hämmern oder neuerdings unter hydraulischen Pressen oder Prefshämmern vorgearbeitet.

Die Entwickelung der Werkzeuge in ihren Einzelheiten gehört in die Geschichte des Maschinenbaues; in dem Nachfolgenden kann nur das Wichtigste aus dem überreichen Material kurz berührt werden.

Die Verbesserungen der Krafterzeugungsmaschinen liegen aufserhalb des Rahmens unserer Betrachtung. Wir erwähnen nur, dafs bei den Dampfmaschinen die Verwendung hochgespannter Dämpfe (8 bis 10 Atmosphären) immer mehr zur Anwendung kam. Dies übte zunächst seinen Einflufs auf den Bau der Dampfkessel, die auf höheren Druck und mit Röhrensystemen zur Überhitzung des Dampfes gebaut

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 900.

Digitized by Google

wurden, sodann auf den Bau der Dampfmaschinen, wobei die möglichste Ausnutzung der Dampfspannung leitender Grundsatz wurde.

Dies geschieht in sehr zweckmäfsiger Weise durch die in zwei Cylindern, einem kleineren Hochdruck- und einem gröfseren Niederdruckcylinder, fortgesetzte Expansion (Verbundmaschinen). Ein zweckmäfsiges Gröfsenverhältnis der Cylinder bei Walzwerkmaschinen ist 1 : 2, oder 1 : 2,3. Bei den sogenannten Tandemmaschinen liegen die beiden Cylinder so hintereinander, dafs sich die beiden Dampfkolben an derselben Achse befinden.

Man ist aber Mitte der neunziger Jahre weiter gegangen und hat Dreifach-Expansionsmaschinen für Walzwerke konstruiert, wobei noch ein Mitteldruckcylinder eingeschaltet wird.

Die Verbund- und Tandemmaschinen wurden entweder als Schwungradmaschinen mit gleichbleibendem Lauf oder als Reversiermaschinen verwendet.

C. Kiesselbach hat in der Versammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute vom 23. April 1899 zu Düsseldorf einen ausführlichen Vortrag [1]) über die Motoren zum Antrieb der Walzenstrafsen gehalten, auf den wir verweisen. Als gute Beispiele der obenerwähnten Konstruktionen in Deutschland sind Zeichnungen beigefügt von Tandemwalzenzugmaschinen mit Schwungrad der Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft, vormals Gebr. Klein in Dahlbruch (Taf. XI); der Märkischen Maschinenbau-Anstalt zu Wetter a. d. Ruhr (Taf. VIII); der Gutehoffnungshütte bei Oberhausen (Taf. VII); der Sächsischen Maschinenfabrik zu Chemnitz, vormals Rich. Hartmann (Taf. V); der Duisburger Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft, vormals Bechem & Keetmann in Duisburg (Taf. IV), von Sack & Kiesselbach zu Rath bei Düsseldorf (Taf. XII); von einer direkt gekuppelten Tandem-Reversier-Walzenzugmaschine ebenfalls von Sack & Kiesselbach; von einer Dreifach-Expansions-Walzenzugmaschine der Sundwiger Eisenhütte, Gebr. von der Becke & Co. und einer Drillings-Verbund-Reversiermaschine der Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft, vormals Gebr. Klein in Dahlbruch.

Besonderen Erfolg hatte die Firma Ehrhardt & Sehmer, Schleifmühle, mit ihren Drillingsmaschinen [2]) mit um 120° versetzten Kurbeln, zuerst auf der Burbacher Hütte. Eine Maschine dieser Art erregte auf der Weltausstellung in Paris im Jahre 1900 Aufsehen. Diese Maschinen arbeiten mit grofsen Umlaufgeschwindigkeiten ohne Schwungrad.

---

[1]) Stahl und Eisen 1899, S. 408, 463.

[2]) Daselbst 1899, S. 859; 1900, S. 879.

Digitized by Google

Die Tandemmaschine, System Schmidt [gebaut von W. Schmidt & Co. in Aschersleben[1])] ist eine Heifsdampfverbundmaschine. Sie arbeitet mit überhitztem Dampf von 10 bis 11 Atmosphären Spannung und 350° C. Temperatur. Die beiden Dampfcylinder sind unmittelbar aneinandergeschraubt ohne zwischenliegende Stopfbüchsen, und der Kolben ist als Differentialkolben ausgebildet.

Wenden wir uns zur Formgebung selbst, so ist eine Vorbedingung für die Erzeugung guter Flufseisenprodukte die Herstellung dichter blasenfreier Blöcke. Die chemischen und mechanischen Mittel für diesen Zweck haben wir bereits beschrieben, doch ist hier noch etwas nachzutragen. Die angeführten Methoden fanden alle bei dem flüssigen Metall ihre Anwendung. 1882 schlug L. Clémandot vor, die erstarrten Blöcke dadurch dicht zu machen, dafs man sie bei Kirschrotglut einem starken Drucke von 1000 bis 3000 kg auf den Quadratcentimeter (trempe à compression) unterwerfe. Er führte dieses Verfahren zu St. Jacques bei Montluçon ein und erhielt dadurch einen beträchtlich härteren Stahl. Die Härtezunahme war um so gröfser, je mehr Kohlenstoff der Stahl enthielt. Nach seinen Analysen war im geprefsten Stahl mehr Kohlenstoff gebunden als im ungeprefsten.

Um die gegossenen Blöcke rascher unter die Walzen bringen zu können, liefs sich 1873 G. Hasletone für W. Dougherty in Philadelphia ein Verfahren in England patentieren, wonach er den Flufsstahl in Formen von Schwarzblech gofs und den Stahl mit der Hülle weiter verarbeitete. Wenn erforderlich, kann man die Blechhaut durch Hobeln oder Feilen von dem fertigen Produkt entfernen.

Die Arbeit der Hämmer ist teils Verdichtung, teils Formgebung. Für ersteren Zweck dienen meist schwere Hämmer mit langsamem Gang, für letztere leichte Hämmer mit raschem Gang (Schnellhämmer). Das Gewicht der Hämmer richtet sich nach der Gröfse des Gegenstandes, aber auch nach dem Stoff. Die Luppenhämmer der Puddelwerke wiegen 1500 bis 2500 kg, die Schweifs- und Stauch- oder Brammenhämmer der Eisenwalzwerke 5000 bis 10 000 kg. Stahl mufs bei niedrigerer Temperatur bearbeitet werden und ist härter als Eisen, aus beiden Gründen erfordert er schwerere Hämmer.

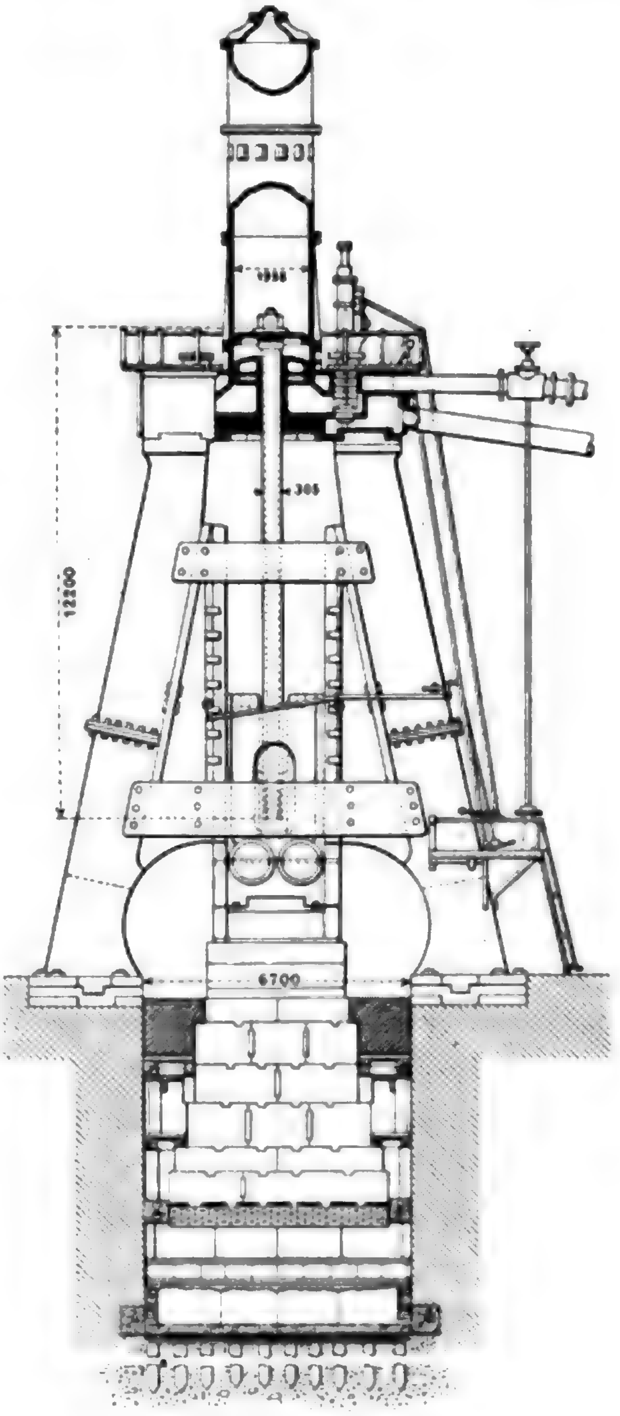
Da man in den siebziger Jahren auch die Flufsstahlblöcke noch meistens vorschmiedete, so mufste man die Dampfhämmer stärker bauen, um die schweren Blöcke harten Stahls bearbeiten zu können.

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 661.

Digitized by Google

Die Hämmer der Flufsstahlwerke für Gegenstände mittlerer Gröfse wogen 10000 bis 20000 kg, während für gröfsere Blöcke Hämmer von mehr als 20000 kg Gewicht erforderlich waren. Besonders grofse Hämmer verlangten die riesigen Blöcke für schwere Kanonen. Krupps 1000-Centner-Hammer fand in diesem Zeitraum Nachfolger. Der grofse Dampfhammer der Kanonenfabrik zu Perm[1]), von dem die Modelle in der russischen Abteilung der Weltausstellung zu Wien 1873 ausgestellt waren, hatte einen gufseisernen Hammerbär von 23000 kg Gewicht, während die geschmiedete Kolbenstange und der Kolben 27000 kg, diese Teile zusammen also 50000 kg wogen. Dabei arbeitete der Hammer noch mit Oberdampf. Die Hammerschabotte aus Gufseisen wog 635000 kg[2]). Noch kräftiger war der 1873 im Arsenal zu Woolwich erbaute Dampfhammer mit Oberdampf von 35000 kg Bärgewicht. Der 1877 von Schneider & Co. zu Creusot errichtete Dampfhammer zeichnete sich durch hohen Hub und starke Wirkung aus. Sein Fallgewicht wog 70 Tonnen, der Hub betrug 5 m, der Cylinderdurchmesser 1,9 m. Er schlug auf einen Ambofs von Gufseisen von 890 Tonnen Gewicht; davon wog die Chabotte 750 Tonnen. Dieser Hammer bildete den Mittelpunkt der mit grofsen Glühöfen und hydraulischen Kränen ausgerüsteten neuen

Fig. 310.



[1]) Beschreibung und Abbildung in Kerpely, Fortschritte des Eisenhüttenwesens 1874, S. 338 und Taf. VI, Fig. 9.

[2]) Über den Gufs derselben siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1874, S. 1.

Digitized by Google

Stahlhütte, und man schmiedete mit ihm Stahlblöcke von 120 Tonnen Gewicht. Hämmer von 100 Tonnen Fallgewicht wurden in der Folge errichtet zu Rive de Gier in Frankreich und zu Terni in Italien.

Alle diese wurden an Gröfse übertroffen durch den 1891 zu Bethlehem in den Vereinigten Staaten von Amerika von John Fritz gebauten Riesenhammer von 125 Tonnen Fallgewicht (Fig. 310 a. v. S.), dessen Ambofs 475 Tonnen und dessen Chabotte 1400 Tonnen wogen, so dafs das Gesamtgewicht dieser Teile 2000 Tonnen betrug.

Die schwierige Frage der Fundamentierung solch mächtiger Hämmer wurde schon Anfang der siebziger Jahre dadurch glücklich gelöst, dafs man das Fundament des Hammergerüstes von dem Fundament von Ambofs und Chabotte vollständig trennte.

Der grofse Hammer des italienischen Stahlwerks zu Terni von 100 Tonnen Hammergewicht und 5 Fufs Hub, 1885 von der Gesellschaft John Cockerill erbaut, wurde mit Prefsluft betrieben[1]), die von vier Gruppen Dubois-Françoisschen Luftverdichtungspumpen geliefert wurde. Der Hammer war von allen Seiten leicht zugänglich.

Hinsichtlich der Steuerung haben sich bei schweren Hämmern Ventilsteuerung, bei leichten Hämmern, besonders Schnellhämmern mit Handsteuerung, Schieber oder Hähne am besten bewährt. Die Muschelschieber pflegt man möglichst mit Druckentlastung einzurichten.

Durch zweckmäfsige Steuerung zeichnete sich ein 1873 in Wien ausgestellter Dampfhammer von W. und C. Seller, der sowohl automatisch als von Hand gesteuert werden konnte, aus, ebenso der Schnellhammer von Keller und Banning mit Schiebersteuerung und Expansion (1873), desgleichen der 1874 bekannt gewordene Schnellhammer von Massey in Manchester[2]), der mit Oberdampf arbeitete, 200 bis 400 Schläge in der Minute machte und mit Hand- und Selbststeuerung versehen war. Der um diese Zeit eingeführte Napiersche Schieber war ein Röhrenschieber.

Frischen Oberdampf wendete man mit Vorteil bei Schnellhämmern an, während bei schweren Hämmern nur Unterdampf zum Heben des Fallgewichtes benutzt und der Schlag nur durch das Gewicht des fallenden Hammerbären bewirkt wurde.

---

[1]) Mitteilungen darüber von Franz Kuppelwieser in Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1887, S. 106.

[2]) Siehe Kerpely, Fortschritte des Eisenhüttenwesens 1874, S. 277.

Digitized by Google

Schmiedehämmer mit Luftdruckbetrieb sind die pneumatischen Hämmer von Chenot[1]) und von Longworth, letzterer für Transmissionsbetrieb, beide von 1878; sodann der nach dem Patent von Arns 1886 von Breuer, Schumacher & Co. zu Kalk ausgeführte Luftdruckhammer, bei dem der Saugkolben den Hammerbär hebt[2]).

Einen elektrischen Hammer erfanden Siemens & Halske in Berlin 1880[3]).

Der 1881 bekannt gemachte Hammer von Diot & Monlebont in Paris hat einen aus Teilen zusammengesetzten Bär, der für stärkere und schwächere Leistungen zugerichtet werden kann. Rigbys 12-Tonnen-Dampfhammer in dem Parkhead-Walzwerk in Schottland zeichnete sich (1882) durch grofse Einfachheit der Bauart aus[4]).

Eine selbstthätige Vorrichtung zum Festhalten und Bewegen der Schmiedestücke als Ersatz der Handarbeit konstruierte A. Mure in Glasgow 1882[5]). — 1885 wurde der erste Gashammer von Rotson in London aufgestellt.

Es würde zu weit führen, alle neuen Hammerkonstruktionen, die in dieser Periode patentiert wurden, aufzählen zu wollen. Von Schmiedehämmern seien nur noch erwähnt der Luftfederhammer von Player 1887, der Schmiedehammer von J. Wild, der Lombardsche Fallhammer und der Dampfhammer von A. Henckels in Solingen zum Recken, Breiten und Gesenkschmieden.

Der Lufthammer von Wilh. Hassel von 1888 (D. R. P. Nr. 44031) war nach demselben Prinzip wie der von Arns gebaut. Von 1888 sind ferner der Luft- und Wasserdruckhammer von H. Wohlenberg in Hannover, der Gashammer von Robinson und Pickney und die Schmiedemaschine mit zwei Hammerwerken von Beaudry & Co. in Boston zu nennen. 1889 wurde Allens mechanischer Dampfzuschläger[6]) in England zum Schmieden von Bolzen und Schrauben verwendet. Gasexplosionshämmer erfanden Rob. Kannegiefser, Th. M. Mudd in Hartlepool (Engl. Pat. Nr. 3384 vom 5. März 1888) und Pickney (verbesserter Robsonhammer).

Riemenfallhämmer konstruierten F. Steller, Breuer & Schumacher in Kalk, C. Friedrich in Paris und Andere. Einen pneu-

---

[1]) Siehe Dingler, Polyt. Journ. 1878, Bd. 227, S. 426.
[2]) Siehe Kerpely, Fortschritte etc. 1886, Taf. 12, Fig. 10.
[3]) Siehe Dingler, Polyt. Journ. 1880, Bd. IV, S. 91.
[4]) Siehe Dingler, Polyt. Journ. 242, S. 97.
[5]) Dingler a. a. O., XV, 1882, IV, S. 266.
[6]) Siehe Kerpely, Fortschritte etc. 1889, S. 205.

Digitized by Google

matischen Hammer mit Luftdrucksammler erfand Rob. Latowski in Breslau.

Reineckers Dampfhammer mit expandierendem Oberdampf wurde 1891 nach dem Daelenschen Prinzip erbaut; er hatte zwei übereinanderstehende Cylinder, wodurch man die Expansion des Oberdampfes beliebig weit treiben konnte.

Pearsons Dampfhammer von 1894 zum Schmieden in Gesenken, besonders für Scheibenräder (Amer. Pat. Nr. 503354), hat leichten Kolben, aber schwere, volle Kolbenstange, wodurch der Schlag genau und ohne Erschütterung geführt werden kann.

Bei einem von dem Amerikaner Morgan 1896 konstruierten Dampfhammer (Amer. Pat. Nr. 538840) dient ein zweiter kleiner Cylinder über dem ersten, dessen Kolben immer unter Dampfdruck steht, dazu, das Durchschlagen des oberen Cylinderdeckels zu verhindern.

Die Prefshämmer.

Durch die Verwendung des Wasserdrucks zur Verdichtung und Formgebung hat man in dem Prefshammer ein Mittel gefunden, welches den Dampfhammer für viele Zwecke mit Vorteil ersetzt. Die umfassende Ausnutzung dieses Mittels fällt in diesen Zeitabschnitt.

Der Schlag des Dampfhammers wirkt energisch auf die Oberfläche, seine Wirkung setzt sich aber um so weniger nach innen fort, je rascher der Schlag erfolgt, und je leichter der Hammer ist. Zur Verdichtung wirkt wesentlich der Druck, deshalb hat der Vorteil des Hämmerns bei dicken, schweren Blöcken bald seine Grenze. Die Erfahrung hat gelehrt, dafs der Hammer zum richtigen Durchschmieden das zehnfache Gewicht des Schmiedestückes haben mufs. 100-Tonnen-Hämmer sind aber schon sehr unbehülfliche, kostspielige Werkzeuge, während man im Grofsbetriebe nicht selten Flufsstahlblöcke bis zu 30 Tonnen zu bearbeiten hat. Es leuchtet von selbst ein, dafs diese viel besser und billiger durch hydraulische Prefshämmer bearbeitet werden. Gautier teilte 1889 vergleichende Beobachtungen von einem Sheffielder Stahlwerk mit[1]). Danach war für die Bearbeitung eines Flufsstahlblocks von 36½ Tonnen, der für ein Geschütz bestimmt war, mit einem 50-Tonnen-Dampfhammer drei Wochen Arbeit und 33 Erhitzungen erforderlich, während ein Block von 37½ Tonnen

[1]) Bulletin de la Société de l'industrie minérale, série 21, t. III, livr. 3, 1889.

Digitized by Google

unter einer Presse von 4000 Tonnen Druck in vier Tagen mit 15 Hitzen fertig bearbeitet wurde.

Die Prefshämmer, deren erste praktische Ausbildung Haswell (siehe Bd. IV, S. 868) zu verdanken ist, haben deshalb eine grofsartige Verwendung bei der Flufsstahlverarbeitung gewonnen. S. Haswell hatte (1861) seinen Hammer für einen ganz bestimmten Zweck, zum Pressen von Lokomotivteilen konstruiert. In dieser Richtung hatte er ihn noch vervollkommnet, wie es auf der Wiener Weltausstellung 1873 vorgeführte Proben zeigten. Zur Bearbeitung roher Blöcke hatte er ihn nicht verwendet und hierfür eignete sich auch seine Konstruktion nicht. Ein Fortschritt war es deshalb, als Sir Joseph Whitworth, der von dem Pressen des flüssigen Metalls zum Zwecke der Verdichtung ausgegangen war, 1884 auf seinem neuen Stahlwerk bei Manchester auch eine nach Haswells Prinzip gebaute hydraulische Schmiedepresse zur Bearbeitung der cylindrischen Güsse für Kanonenrohre verwendete[1]). Das Schmieden geschah über Dornen von grofsem Kaliber und in Gesenken und zwar von der Mitte aus erst nach dem einen, dann nach dem anderen Ende, wobei sich der glühende Stahl wie Teig bewegte. Es erwies sich als vorteilhaft, die Rohre auf nicht mehr als 6 Fufs Länge in der ersten Hitze zu strecken und sie dann wieder in den Glühofen zurückzugeben. Da das Prefsschmieden in Gesenken und mit Dornen geschah, wurde grofse Genauigkeit erzielt; aufserdem wurden Festigkeit und Zähigkeit des Stahls bedeutend erhöht, letztere nach Whitwells Angabe um 30 Prozent. Je schwerer das Gufsstück war, desto besser der Erfolg.

Seit dieser Zeit fing man an, auch massive Flufsstahlblöcke statt unter schweren Dampfhämmern unter Schmiedepressen zu bearbeiten. Besonders bewiesen Tannet und Walker in Leeds durch ihre Prefshämmer deren Vorzüge vor den Dampfhämmern. Nach Gautiers Bericht besafsen die Kruppschen Stahlwerke in Essen 1889 eine solche Presse von 2000 Tonnen Prefsdruck, welche einen Hammer von 75 Tonnen ersetzte, und war eine solche von 4000 Tonnen Druck, die einen 120-Tonnen-Hammer ersetzen sollte, in Ausführung begriffen. 1888 entstanden bereits eine Reihe weiterer hervorragender Konstruktionen für diesen Zweck. So die am 19. April 1888 patentierte Schmiedepresse von Fritz Baare[2]) zu Bochum (D. R. P.

[1]) School of Mines, Quarterly, März 1885; Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1885, S. 558.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1889, S. 64; 1892, S. 166; Ledebur, Handbuch der Eisenhüttenkunde, S. 730.

Digitized by Google

Nr. 45325), welche in Fig. 511 dargestellt ist. Das Druckwasser wird von der Pumpe mit 600 Atmosphären Pressung geliefert und übt, wenn es auf die ganze Kolbenfläche wirkt, einen Druck von 4000 Tonnen aus. Dadurch, daß der Preßkolben c aus mehreren Stücken von verschiedenem Durchmesser besteht, kann durch verschiedene Hahnenstellung (a b) der Druck in drei Stufen im Verhältnis von 1:2:3 ausgeübt werden. Die Aufwärtsbewegung des Preßkolbens wird durch die Hebecylinder $p\,p$ bewirkt, welche mit einem Druckssammler (Akkumulator) von 30 Atmosphären Belastung verbunden sind.

Fig. 511.

Eine andere bemerkenswerte Konstruktion war die von Alexander Wilson und Samuel Oates in Sheffield (Engl. P. Nr. 8892 vom 27. Juli 1886) zum Pressen großer Blöcke für Panzerplatten und dergleichen[1]). Die schweren Blöcke werden durch zwei Rollbahnen mit je drei Rollwalzen, die durch Wasserdruck angetrieben werden, hin und her bewegt.

Die ebenfalls 1888 patentierte pneumatisch-hydraulische Schmiedepresse von Prött und Seelhoff (D. R. P. Nr. 43434), ausgeführt von L. W. Breuer, Schumacher & Co.[2]), zeichnete sich durch Einfachheit, Zuverlässigkeit und Geschwindigkeit aus. Sie arbeitete mit nur einem Preßcylinder für jeden Druck. Die wichtigste Verbesserung lag aber in der Konstruktion des Akkumulators[3]), bei dem der Druck nicht durch Gewichte, sondern durch gepreßte Luft oder Kohlensäure erzeugt wurde. Die Luft, die in sinnreicher Weise abgedichtet war,

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1888, S. 825, mit Abbildung.
[2]) Daselbst 1889, S. 126, Taf. XI.
[3]) Daselbst 1889, S. 131.

wurde beim Pressen nicht verbraucht, konnte also immer wieder verwendet, der Drucksammler aber in jeder Höhe abgestellt werden.

Die Schmiedepresse von Haniel & Lueg (D. R. P. Nr. 39658 und 51182) von 1889 war mit Differentialkolben versehen[1]).

Eine von A. Trappen[2]) 1890 erfundene Schmiedepresse, welche von der Maschinenbau-Anstalt zu Wetter a. d. Ruhr gebaut wurde, war mit zwei übereinander angeordneten Prefscylindern versehen.

Etwa um dieselbe Zeit erfanden B. & S. Massey & Co. zu Openshaw bei Manchester eine Compound-Schmiedepresse für billigere Anlagen und kleinere Leistungen, besonders für Herstellung von Bolzen mit viereckigen Köpfen. Auch R. M. Daelen in Düsseldorf liefs sich 1888 eine hydraulische Schmiedepresse patentieren (D. R. P. Nr. 48825).

Die hydraulische Schmiedepresse von Benjamin Walker[3]) (Engl. Pat. Nr. 562 vom 11. Januar 1890) bestand aus einer senkrechten und einer wagerechten Presse. Eine von Greenwood & Batley[4]) eingeführte Presse arbeitete ohne Pumpen mit einem einfach wirkenden Druckübersetzer (direct steam driver oder intensifier); bei A. B. Browns Presse (Engl. Pat. Nr. 11069 vom 16. Juli 1890) war ein gröfserer Dampfkolben mit einem kleinen hydraulischen Kolben starr verbunden.

Die Schmiedepresse von W. D. Allen in Sheffield[5]) (1891) wurde von einer Dampfpumpe mit Schwungrad ohne Drucksammler betrieben, indem der Pumpstiefel mit dem Prefskolben durch eine kurze Leitung ohne Arbeitsventile verbunden war.

Eine horizontale Schmiedepresse, bei der sich der Treibkolben in dem Prefscylinder bewegte, wurde von R. M. Daelen angegeben[6]).

Im allgemeinen ist die unmittelbare Übersetzung der Dampf- und Wasserkolben nur für mäfsig schwere Pressen vorteilhaft.

Eine schwere Schmiedepresse von 4000 Tonnen Druckwirkung (Fig. 312 a. f. S.) mit Differentialkolben erbaute 1891 die Compagnie de Châtillon-Commentry in ihrem Werke St. Jacques in Montluçon[7]).

Zum Ersatz für Blockwalzen haben Ch. Davy in Sheffield[8]) (Engl. Pat. Nr. 5510 vom 30. März 1889) und B. Walker in Leeds[9])

---

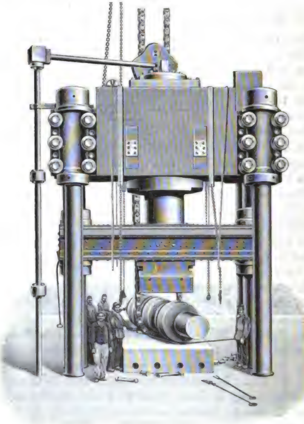
[1]) A. a. O. 1890, S. 547.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1890, S. 690.
[3]) Daselbst 1891, S. 247.
[4]) Daselbst 1894, S. 900.
[5]) Daselbst 1891, S. 895.
[6]) Daselbst 1892, S. 160; vergl. auch ebenda 1893, S. 553.
[7]) Le Génie Civil vom 5. Dezember 1891; Stahl und Eisen 1892, S. 57, 169.
[8]) Siehe Stahl und Eisen 1890, Nr. 6.
[9]) Daselbst 1891, Nr. 3, S. 247.

Digitized by Google

(Engl. Pat. Nr. 562 vom 11. Januar 1890) die Schmiedepressen mit besonderen Einrichtungen versehen.

Zwei grofse Schmiedepressen für Panzerplatten erbaute 1895 die Kalker Werkzeugmaschinenfabrik von L. W. Breuer, Schumacher

Fig. 312.



& Co. nach ihrem Patent, die eine für das Dillinger Eisenwerk, die andere für Rufsland bestimmte war für 7500 Tonnen senkrechten Druck, mit zwei Seitenpressen von je 1200 Tonnen Druck konstruiert.

Daneben wurden zahlreiche Pressen für kleinere Arbeiten patentiert.

Die grofse Schmiedepresse in dem Prefsbau von Friedrich Krupp in Essen, von Tannet & Walker in Leeds erbaut, hat einen

Digitized by Google

Druckkolben von mehr als 1 m Durchmesser und übt bei der Maximalpressung von 600 kg auf den Quadratcentimeter einen Druck von 5000 Tonnen aus. Die Presse macht etwa 12 Hübe in der Minute. Das lautlose, stofsfreie Arbeiten des riesigen Werkzeuges und die Leichtigkeit der Steuerung durch Umstellen der Hähne sind überraschend. Die Presse ist mit einem Akkumulator, bei dem die Drucklast auf drei Cylinder verteilt ist, verbunden. Durch eine sinnreiche Steuerung kann der Druck entweder nur auf den Mittelkolben wirken, oder auf die beiden Seitenkolben oder auf die drei Kolben zugleich verteilt werden. Dadurch kann der erzeugte Druck 600, 300 oder 200 Atmosphären und die Kraft der Presse 5000, 2500 oder 1750 Tonnen betragen.

Pressen von ähnlicher Stärke gab es damals bereits in Amerika in den Bethlehem- und Homestead-Werken. Bethlehem besafs 1893 eine Schmiedepresse für 4570 Tonnen Druck und hatte eine für 14 225 Tonnen Druck im Bau. Es war dies die gröfste Schmiedepresse der Welt; Homestead besitzt die zweitgröfste für 10 160 Tonnen. Auf dem Kontinent Europas waren 1899 die zwei gröfsten Pressen die von der obenerwähnten Firma L. W. Breuer, Schumacher & Co. in Kalk bei Köln für die Dillinger Hütte und die Obuchowski-Stahlwerke zu St. Petersburg erbauten zu je 10 000 Tonnen Druck[1]). Nach Sir Williams gab es 1899 bereits Pressen von 14 000 Tonnen Druck.

Neben diesen Riesenpressen wurden für feinere Arbeiten Schnellschmiedepressen erfunden, z. B. von der Märkischen Maschinenbauanstalt in Wetter 1894 (D. R. P. Nr. 80 945). Eine Schmiedepresse mit mehreren auswechselbaren Werkzeugen liefs sich H. Ehrhardt in Düsseldorf 1894 patentieren (D. R. P. Nr. 83 492). Pressen für hohe Temperaturen konstruierte A. Dick (D. R. P. Nr. 83 388, 83 590). Dampfhydraulische Luppenpressen kamen sogar in Puddelwerken zur Anwendung, so z. B. die S. 611 abgebildete von Breuer & Schumacher in dem Huldschinskyschen Hüttenwerk in Schlesien[2]).

Die Walzwerke.

Wie bei den Hämmern so steigerten sich bei den Walzwerken die Anforderungen besonders mit den Fortschritten der Flufsstahlfabrikation. Das harte Metall setzte schon an und für sich der Bearbeitung einen gröfseren Widerstand entgegen, aufserdem durfte es

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 606.
[2]) Daselbst 1897, S. 257.

nicht schweifswarm verarbeitet werden. Dementsprechend wurden die Walzwerke stärker gebaut und in ihrer Konstruktion verbessert. Wir können nur eine kurze Aufzählung der vielen Verbesserungen der Walzwerke in diesem Zeitraum hier geben.

Die Luppenwalzen der Puddelwerke bestanden Anfang der siebziger Jahre meist aus einem Vorwalzen- und Streckgerüst oder einem Schlicht- oder Fertigwalzengerüst. Für ersteres, öfter auch für beide wendete man das Triosystem an.

Um diese Zeit ging man mit Vorteil dazu über, die Luppen auf einem einzigen Triowalzwerk vor- und fertigzuwalzen, was sehr zur Beschleunigung der Arbeit beitrug. Man hatte dabei entweder nur Flachkaliber (Hörde 1873) oder Spitzbogen und Flachkaliber und keine toten oder doppelten Kaliber, vielmehr erhielt der Stab in jedem derselben Druck. Vahlkampf hat sich um die Konstruktion der Spitzbogen- und Flachkaliber verdient gemacht. Dr. Kollmann wies nach[1]), dafs das specifische Gewicht des Luppeneisens durch Auspressen der Schlacke und Schweifsung nicht unbeträchtlich — von 7,3 auf 7,9 — zunimmt und das Eisen zugleich eine chemische Reinigung erfährt.

Die Verbesserungen in den Jahren 1870 bis 1875 bezogen sich zumeist auf die Flufsstahlwalzwerke, hauptsächlich auf Reversier- und Triowalzwerke für schweres Façoneisen, namentlich für Eisenbahnschienen. In England arbeitete man an der Verbesserung der Reversierwalzen, während man in den Vereinigten Staaten von Amerika vorzügliche Trio- oder Dreiwalzwerke baute.

Ein wichtiger Fortschritt in England bestand darin, dafs es gelang, die Klauenkuppelung durch Friktionskuppelungen zu ersetzen. Nasmyth soll zuerst die Idee angegeben haben, welche dann von John Ramsbottom 1865 praktisch verwertet wurde. Ramsbottoms Maschine arbeitete ohne Schwungrad und die Umsteuerung war ziemlich unabhängig von der Geschwindigkeit. Sie glich der bei den Lokomotiven gebräuchlichen Umsteuerung, nur war statt des Steuerhebels ein kleiner hydraulischer Cylinder vorhanden.

1867 erfand dann R. D. Napier seine Umschaltung durch eine Differential-Friktionskuppelung, welche mit der Hand bewegt werden konnte. Th. H. Head erhielt am 11. März 1868 ein Patent (Engl. Pat. 840) auf eine ähnliche Reversiervorrichtung.

1869 konstruierten Kitson und Chalas[2]) zu Monkbridge Iron-

[1]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1878, S. 53, 97.
[2]) Mechanic's Magazine, März 1869; Dingler, Polyt. Journ. Bd. 192, S. 269.

works bei Leeds eine Friktionskuppelung, bei welcher flache, konisch geformte Fangscheiben durch hydraulischen Druck gegen die Fläche des Triebrades geprefst wurden. Kitson wendete dieses System mit Erfolg bei seinen schweren Blechwalzwerken in Leeds an. B. Walker von der grofsen Maschinenbaufirma Tannet, Walker & Co. zu Leeds verbesserte diese Einrichtung, indem er die Reibung durch eine schmiedeeiserne Bandbremse auf eine cylindrische Trommel übertrug.

Am 6. Oktober 1871 erhielt Graham Stevenson in England ein Patent (Nr. 2654) für eine Friktionsreversierkuppelung, die 1872 auch in Deutschland von Grillo, Funke & Co. zu Gelsenkirchen mit Erfolg eingeführt wurde.

1872 trat R. D. Napier mit einer verbesserten Differential-Friktionskuppelung auf[1]). Bei der Anwendung der mit Hydraulik angeprefsten Friktionsscheiben wurde Walzenbruch dadurch vermieden, dafs sich bei einem gewissen Druckmaximum ein Ventil öffnete, wodurch das Walzwerk zum Stehen gebracht wurde.

Statt der Umkehrung der Walzen wendete man in den Vereinigten Staaten selbst für Blockstrafsen mit Vorliebe das Dreiwalzen- oder Triosystem an. Das Prinzip des Lauthschen Blechwalzwerks wurde auf die Kaliberwalzwerke übertragen und zwar sowohl auf Schienen- als auch auf Blockwalzen. Bei den Schienentrios waren Ober- und Unterwalze gefurcht (Matrize), die schwächere Mittelwalze diente als Deckel (Patrize). Die Kaliber öffneten sich abwechselnd nach oben und unten, so dafs die Schienen nicht gewendet zu werden brauchten. Die Walzen hatten sieben Kaliber, statt fünf wie in England. Dreiwalzwerke waren billiger als Zweiwalzwerke mit Umkehrung, erfordern aber starke Hebevorrichtungen.

A. L. Holley[2]) stellte im Januar 1871 ein Block-Triowalzwerk auf, bei dem Ober- und Unterwalze festlagen, während die durch Hydraulik bewegliche Mittelwalze nach jedem Stich eingestellt wurde. Zum Heben, Verschieben und Drehen der Blöcke waren noch keine mechanischen Einrichtungen angebracht, und die genannten Arbeiten wurden noch mit Haken und Zangen von Hand bewerkstelligt.

In demselben Jahre, 1871, baute George Fritz auf den Cambria-Werken ein neues Block-Dreiwalzwerk, bei dem teilweise mechanische Bedienung angebracht wurde und welches für die Ersparung von Arbeitskraft und für die Entwickelung der amerikanischen Walzwerke

---

[1]) Engineering 1872, S. 384.

[2]) Tunner, Das Eisenhüttenwesen in den Vereinigten Staaten, Taf. I, und Stahl und Eisen 1897, S. 136.

Digitized by Google

von grofser Bedeutung geworden ist. Die Mittelwalze lag fest, während Ober- und Unterwalze nach jedem Stich durch Druckschrauben eingestellt wurden. Die Druckschrauben der Unterwalze gingen durch den Ständerfufs. Die beweglichen Walzentische waren mit Rollen versehen. Diese waren durch ineinandergreifende Zahnräder verbunden und wurden von kegelförmigen Friktionsrädern, die durch Riemen von dem Walzwerk selbst ihre Bewegung erhielten, angetrieben. Die Rollen liefen nur in einer Richtung, wenn der Tisch oben, und in entgegengesetzter Richtung, wenn der Tisch unten war.

Diesen noch unvollkommenen Mechanismus verbesserte Fritz später dahin, dafs er die Rollen durch eine besondere kleine Reversiermaschine in jeder Richtung und Stellung des Tisches antrieb. Diese Verbesserung wurde zuerst auf dem Bethlehem-Stahlwerk eingeführt. Ebenso war die Vorrichtung zum Umwenden und Einstellen der Blöcke eine Erfindung von Fritz, die sich als sehr praktisch erwiesen und allgemeine Verbreitung gefunden hat. Es war dies eine Art Kamm auf horizontalem Gerüst, das gehoben und gesenkt und seitlich bewegt werden konnte. Der Kamm griff zwischen den Rollen und den Blöcken durch und konnte dann letztere seitlich verschieben; wurden die Zinken des Kammes auf die Ecke des Blocks eingestellt, so kippten sie diesen um.

Deby zu Brüssel kombinierte das Lauthsche Trio mit dem Universalwalzwerk. Das Modell eines solchen zu Sclessin ausgeführten Walzwerks[1]) war 1873 auf der Wiener Weltausstellung zu sehen.

In Amerika baute man (1874) Universalwalzwerke mit Umkehrung und zwar erfolgte diese durch Friktionskuppelung mit Gelenkstangen, welche als Kniehebel wirkten nach dem Patent von Andrew Kloman in Pittsburg. Der Eingriff geschah leicht und sanft; die Umsteuerung wurde durch Dampf bewirkt. Die mit Schwungrad versehene Maschine lief immer in demselben Sinne um.

Pernot hatte bereits um 1870 ein Universal-Trägerwalzwerk zu St. Chamond gebaut, dessen Haupteigentümlichkeit in der Anwendung der vertikalen Walzen, deren Achsen sich in der Vertikalebene der horizontalen Walzen befanden, bestand. Durch Verstellen der horizontalen und vertikalen Walzen wurden die Profile gebildet. Es wurden nicht Pakete, sondern Martinstahlblöcke damit verwalzt.

Das Prinzip, zwei oder mehr Walzenpaare dicht hintereinander

---

[1]) Dürre, Anlage und Betrieb der Eisenhütten, Taf. XXVI.

Digitized by Google

zu legen, um dadurch die Arbeit zu beschleunigen, kam damals in England mehrfach in Anwendung.

Bei Whites Walzwerk zu Aberdare (1871) befanden sich mehrere Walzenpaare in einem Walzengerüst; einige waren horizontal, andere vertikal. Das Walzeisen konnte aus einer Walzenspur in die andere, um 180 Grad verdreht, hochkantig durchlaufen und trat in das zweite Walzenpaar ein, ehe es das erste verlassen hatte. Hierdurch wurde Beschleunigung und Vereinfachung der Arbeit erzielt. Zu Aberdare konnte man 90 bis 100 Tonnen in 12 Stunden mit einer Maschine walzen. In der Regel lagen bei Whites „Schweifswalzwerk“ drei Walzenpaare hintereinander, wovon eins und drei horizontal, das mittlere vertikal waren. Diese Anordnung ermöglichte grofse Zeit- und Arbeitsersparnis.

William Brown hatte schon 1867 ein Patent (Nr. 2588) auf ein Walzverfahren genommen, wobei das Walzgut zwei Walzenpaare, die hintereinander lagen und wovon das hintere mit gröfserer Geschwindigkeit umlief, gleichzeitig passierte. 1868 kombinierte er drei und mehr Walzenpaare, die durch Zahngetriebe verbunden waren, welche die entsprechende Geschwindigkeitsbeschleunigung bewirkten. Für Eisenbahnschienen und Träger durften aber nur zwei Walzenpaare in dieser Weise verbunden werden (Engl. Pat. vom 22. Oktober 1879, Nr. 3640). In Dowlais hatte man zwei Walzenpaare für das Auswalzen von Eisenbahnschienen in ein Ständergerüst gelegt.

B. Lauth in Pittsburg konstruierte ebenfalls ein kombiniertes Walzwerk für Flach-, Band- und dergleichen Eisen (Engl. Pat. 1876, Nr. 4158).

Während bei dem Lauthschen Dreiwalzensystem die Mittelwalze kleiner war, bauten Hillon und Dejardin 1874 ein Trio von gleich dicken Walzen, wobei die beiden Oberwalzen sich gemeinschaftlich auf und ab bewegten.

In den Vereinigten Staaten erhielt seit Anfang der siebziger Jahre das Kaltwalzen eine grofse Bedeutung, besonders für die Herstellung polierter Stahlwellen.

In England war die Stimmung fortdauernd gegen die Anwendung von Triowalzwerken bei der Schienenfabrikation, die Menelaus, Snelus und Williams als unzweckmäfsig bezeichneten, während man in den Vereinigten Staaten entgegengesetzter Ansicht war und besonders Alex. L. Holley für deren Verwendung eintrat. Ein nicht unwichtiger Grund dieser Verschiedenheit der Ansichten lag darin,

Digitized by Google

dafs in Amerika die mechanischen Hebevorrichtungen, die Wippen und Hebetische besser ausgebildet waren. Bei Holleys Trio waren die Ober- und Unterwalze gefurcht, während die Mittelwalze als Deckel diente. Besonders vorteilhaft waren die Dreiwalzwerke für Träger.

John Fritz verbesserte in dem Bethlehem-Eisenwerk die mechanischen Vorrichtungen zum Einführen der Schienen in die Walzen. George Fritz hatte, wie erwähnt, bereits für die Vorwalzen eine selbstthätige Vorrichtung zum Vorschieben, Zurückschieben und Wenden der Blöcke erfunden, wodurch gegen früher fünf Arbeiter gespart wurden, und zwei Jungen zur Bedienung der hydraulischen Kolben für die beweglichen Tische und die Hebekräne genügten. In den Stahlwerken zu Troy und zu Bethlehem walzte man 1874 Blöcke von 355 mm Dicke, die über 1 Tonne wogen, auf drei Schienenlängen aus. Für das Fertigwalzen der Stahlschienen verwendete man (1876) in Amerika ebenfalls Triowalzen, bei denen die mittlere Walze nur männlich war. Das Fertigstrecken der Schienen erfolgte in einer Hitze bei 15 Walzendurchgängen. — Bei dem Trio zu Hörde (1875) waren 11 Kaliber auf drei Walzen verteilt. Dadurch, dafs alles eng beisammen war, ging die Arbeit rasch und walzte man 30 Tonnen in 12 Stunden.

In Belgien und Westfalen führte man vor 1877 das Triowalzensystem zum Auswalzen der Eisenluppen ein, welches dadurch rascher von statten ging, infolgedessen weniger Hitze verloren wurde. Man verwendete ein Vorwalzentrio mit Spitzbogenkaliber und ein Fertigwalzentrio mit Flachkaliber. Auf einem solchen Walzenzug liefsen sich mit Leichtigkeit die Luppen von 30 Puddelöfen auswalzen. 80 bis 90 Pferdekräfte genügten für bis zu 40 Puddelöfen. Um das tote Gewicht der Walzenstrafsen zu verringern, schlug Freytag vor, die Walzen hohl zu giefsen.

Thomas[1]) führte in Belgien verschiedene Verbesserungen an den Triowalzen ein. Er versah Ober- und Unterwalze nur etwa auf die halbe Länge mit Kalibern und liefs sie nach den Walzenzapfen zu konisch verlaufen. Die Unterwalze gofs er hohl. Er erzielte damit angeblich um 40 bis 100 Prozent leichtere Arbeit.

1876 verbesserten Chalas und Kitson zu Monkbridge Ironworks bei Leed ihre hydraulische Ausrückvorrichtung für Walzwerke[2]).

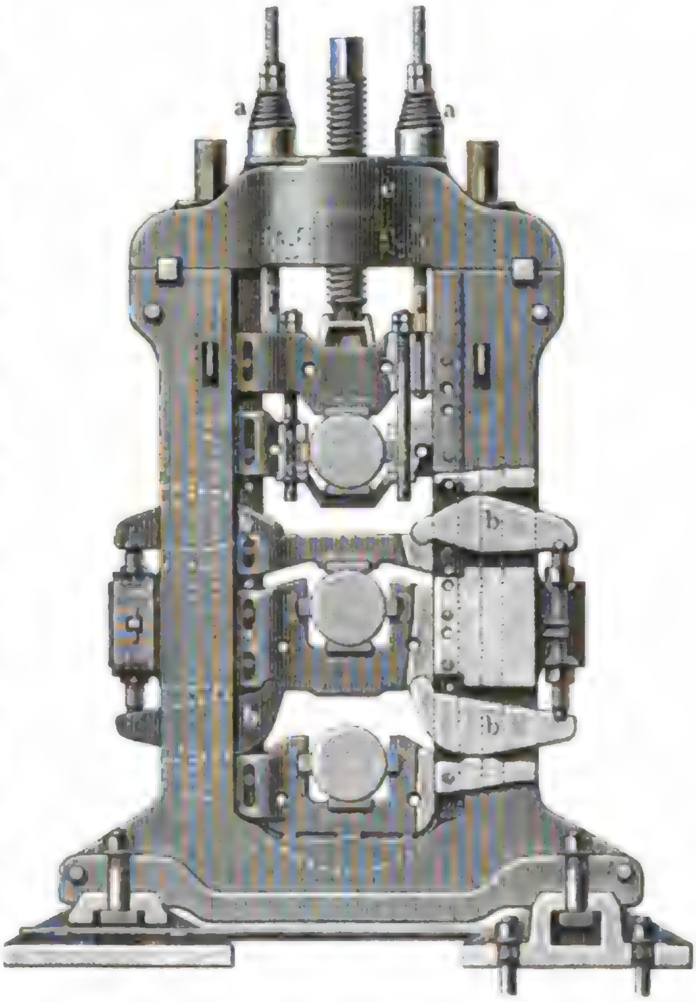
---

[1]) Engineering 1877, Bd. 24, S. 226; Dingl. Polyt. Journ. Bd. 227, S. 143.
[2]) Berg- und Hüttenm. Ztg. 1878, S. 353.

Digitized by Google

1878 erfand Andreas Kloman[1]) in Pittsburg eine verbesserte Friktionskuppelung für Reversierwalzwerke. Universalwalzwerke konstruierten 1878 A. E. von Zweybergk in Schweden, 1879 Kloman[2]), 1880 A. Flotat[3]), 1881 Edw. Hutchinson[4]) und W. Wenström[5]). Beim Walzen der Eisenbahnschienen wurde durch rasches Auswalzen der heifsen Blöcke der Abgang sehr vermindert; der Eisenverlust betrug in England meist nur $^1/_4$ bis 1, selten bis 2 Prozent. Bei Brown, Bayley und Dixon wurden 1879 wie in Amerika die heifsen Ingots in einen Wärmofen gebracht und sofort vor- und fertiggewalzt. Die Blöcke hatten zwei- bis dreifache Schienenlängen. In 21 Stunden, d. h. in zwei Arbeitsschichten zu $10^1/_2$ Stunden, erzielte man hierbei eine Produktion von 370 bis 387 Tonnen.

Fig. 313.



Das Richten der Schienen war früher kalt vorgenommen worden, dies war bei Stahlschienen gefährlich. Man richtete deshalb zuerst in Amerika die Schienen heifs zwischen drei vertikalen, flachen Richtwalzen. — Für Walzenzugmaschinen gab man den Wolfschen Compoundmaschinen den Vorzug, doch kamen auch Corlifsmaschinen zur Anwendung[6]). — Helmholtz konstruierte 1879 ein Walzwerk mit selbstthätiger Rückführung des Walzstückes (D. R. P. Nr. 7134).

1880 erfand Conr. Erdmann[7]) einen verbesserten Dreiwalzenständer, Fig. 313, bei dem der Druck der Walzen statt auf die Druck-

---

[1]) Metallurgical Revue 1878, I, S. 205 und Dingl. Pol. Journ. 1878, Bd. 229, S. 317.
[2]) The Iron Age 1879 und Kerpely, Fortschritte 1879/80, S. 387.
[3]) Jern. Kontor. Annal. 1880, Heft 5.
[4]) Dingl. Journ. 1881, III, S. 338.
[5]) Kerpelys Fortschr. 1881/82, XII, S. 16.
[6]) Österr. Zeitschr. für Berg- und Hüttenw. 1879, S. 589.
[7]) Glasers Annalen 1880, Nr. 64; Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1885, S. 9.

schrauben durch Keile *bb* auf den Ständer übertragen wurde. Die entlastete, stellbare Lagerung der Walzenzapfen gestattet eine raschere, bequemere und gefahrlosere Einstellung jeder Walze für sich.

Kitson hatte in den letzten Jahren seine hydraulische Kuppelung für Kehrwalzwerke so verbessert, dafs Tunner und Richards dieselbe für die beste Vorrichtung in Theorie und Praxis zur Umsteuerung von Maschinen mit Schwungrad erklärten. F. Braune wies nach, dafs beim Walzen von Stahl und Eisen die Umfangsgeschwindigkeit der Walzen zur Erzielung gleicher Leistung sich wie 14 : 11 verhalten mufs, dafs die reduzierte Arbeit 730 : 260 sei, also bei Stahl 2,8 mal mehr als bei Eisen betragen mufs. — Nach Blafs[1]) wird die Kalibrierung der Walzen wesentlich von der Umdrehungsgeschwindigkeit der Walzen und von der Kraft beeinflufst. Je kürzer der Walzprozefs sein kann, desto weniger Stiche sind nötig, desto mehr wird aber auch das Material in Anspruch genommen.

Bei der Schienenfabrikation hatten sich im Jahre 1880 die Anschauungen bezüglich des zu verwendenden Materials wesentlich geändert. Früher hatte man besonderen Wert auf die Härte gelegt, der harte Flufsstahl gab aber zu vielen Brüchen Veranlassung. Jetzt legte man den Hauptwert auf Elasticität und Homogenität und bevorzugte einen weichen Flufsstahl, der dem Flufseisen nahe kam. Als eine gute Zusammensetzung für Schienenstahl galt: Kohlenstoff 0,25, Silicium 0,185, Phosphor 0,087, Schwefel 0,05, Mangan 0,405, Kupfer 0,156, zusammen 1,133 Prozent fremde Bestandteile aufser Eisen. Ein solcher Stahl hatte eine absolute Festigkeit von 55 kg pro Quadratmillimeter, Ausdehnung 20 Prozent, Kontraktion 30 Prozent.

Die gegossenen Blöcke liefsen sich nicht unmittelbar auswalzen, weil, wenn auch die Oberfläche fest war, der Kern noch ganz oder halb flüssig war. Der Block wurde deshalb in einen Wärmofen gebracht und entweder in einer oder mehreren Hitzen fertig ausgewalzt. In jedem Rollofen lagen etwa 30 Blöcke für 60 Schienen. Der warm eingesetzte Block passierte den Ofen in drei Stunden.

Bei den älteren Verfahren mit Vorschmieden unter dem Dampfhammer waren zwei Hitzen erforderlich. Die Blöcke wurden unter einem Hammer von etwa 150 Centner Gewicht auf 20 cm Seitenlänge vorgeschmiedet und dann in einem Triowalzwerk ausgewalzt. Weit schneller verlief der Zweihitzeprozefs, bei dem das Verblocken statt unter dem Hammer unter einem Reversierwalzwerk geschah. Man

[1]) Stahl und Eisen 1882, S. 283.

Digitized by Google

blockte in 9 bis 12 Stichen in fünf bis sechs Kalibern, wobei das Walzstück jedes Kaliber zweimal, um 90° gedreht, durchlief. Hierbei walzte man meist gröfsere Blöcke für zwei bis drei Schienen, die dann zerteilt, gewärmt und in einem Trio fertiggewalzt wurden. Die so erzeugten Schienen waren gleichmäfsiger als die unter dem Hammer vorgeblockten.

Am vorteilhaftesten war es selbstverständlich, gleich dichte Blöcke zu giefsen und diese in einer Hitze zu Schienen auszuwalzen, was, wie erwähnt, in Triowalzwerken geschah. Hierbei kam die Geschwindigkeit der Arbeitsflächen wesentlich in Betracht, weshalb man möglichst grofsen Walzendurchmesser, rasche Umdrehung und dementsprechend starke Maschinen konstruierte. Vorwalzen von 1400 bis 1500 mm und Fertigwalzen von 1800 bis 1900 mm Ballenlänge bei 650 mm Durchmesser und 100 Umdrehungen in der Minute erforderten 1800 Pferdekräfte. Nach einer anderen Angabe[1]) betrug der Kraftbedarf für Walzen, die in der Minute je eine Schiene fertig walzen, bei Schwungradmaschinen 1068,7, bei Maschinen ohne Schwungrad 1364,5 Pferdestärke.

Man machte die Mittelwalze der Schienentrios öfter aus Stahl. Da die harten Stahlschienen das Lochen nicht vertrugen, so wurden die Löcher gebohrt oder neuerdings häufiger gefräst. Der Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen schrieb vor: Zerreifsfestigkeit nicht unter 50 kg pro Quadratmillimeter, Kontraktion nicht unter 20 Prozent. Bei einer Belastungsprobe von 20 000 kg durfte keine bleibende Durchbiegung erfolgen; bei der Biegprobe mufste die Schiene auf Kopf oder Fufs gelagert 5 mm Durchbiegung ohne Bruch oder Rifs vertragen. Bei der Schlagprobe durfte die Schiene bei 4 m Fallhöhe, 500 kg Fallgewicht und 1 m Stützpunkt bei den ersten zwei Schlägen nicht brechen, bei 2,5 m Fallhöhe keine Beschädigung zeigen; seitlich mufsten sich die Schienen bei 3 m Länge auf 22,5 mm durchbiegen lassen.

Der Verein deutscher Eisenhüttenleute liefs 1881 von einer Kommission, bestehend aus den Herren Blafs, Daelen und Kollmann, durch Versuche den Arbeitsbedarf und die Arbeitspressungen der Walzwerke feststellen[2]).

Von Verbesserungen in der Zeit von 1881 bis 1885 seien genannt: Eine hydraulische Druck- und Reguliervorrichtung für die Oberwalzen

---

[1]) Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ingenieure, Bd. 22, S. 467.

[2]) Siehe J. Lüders, Kraftverbrauch und Arbeitspressung bei Walzprozessen, Stahl und Eisen 1884, S. 697.

Digitized by Google

der Walzwerke von C. Sachs (D. R. P. Nr. 18451 vom 20. September 1881). Verbesserte Universalwalzwerke für Duo- und Triowalzwerke von Ed. Daelen[1]). Verbesserte Richtmaschine und Abgratmaschine für Winkeleisen von H. Ehrhardt in Düsseldorf[2]).

1883: Wendevorrichtung von Fr. Asthöver & Co. in Annen. Selbstthätige Umsteckvorrichtung für Walzdraht und Bandeisen von Erkenzweig in Hagen[3]). Walzwerk für Gewindeeisen von Rob. Daelen[4]). Verbesserte Walzenkuppelung von Ed. Daelen[5]).

1884: Einführung des Blockwalzens an Stelle des Schmiedens bei der Blechfabrikation von James Riley auf den Blochairn-Works bei Glasgow. Wellblechwalzwerk von Vital Daelen[6]). Vertikalwalzwerk für Eisen- und Stahldraht von G. Erkenzweig[7]).

R. M. Daelen, Vorrichtung zum Anstellen der Oberwalze bei direkt wirkender Maschine[8]). Rillenschienen-Fertigwalzwerk der Gesellschaft für Stahlindustrie zu Bochum (D. R. P. Nr. 29977 und Nr. 47254).

1885: Verbesserte Zapfenlagerung für Dreiwalzen von R. M. Daelen, desgleichen für die Mittelwalze von Meffert.

C. M. Pielsticker in London und Fr. C. G. Müller in Brandenburg gaben ein Verfahren zu unmittelbarem Auswalzen von flüssigem, durch eine Formöffnung ausfliefsendem und dabei erstarrendem Eisen an (D. R. P. Nr. 29548 und Nr. 32127).

1884 hatte Robert W. Hunt auch die Walzentische vor den Fertigwalzen des Schienenwalzwerks zu Troy (New York) mit angetriebenen Rollen versehen. Diese Tische, die sich gut bewährten, wurden dann auch bei den Vorwalzen angebracht und führten grofse Arbeitsersparnis herbei: statt früher 15 bis 17 brauchte man jetzt nur noch 4 bis 5 Mann zur Bedienung des Walzwerks[9]). Diese Einrichtung fand deshalb rasche Verbreitung. Fig. 314 giebt die Abbildung davon.

Für Walzenzugmaschinen hatte sich das Verbundsystem ohne Kondensation bewährt. Gute Maschinen für Schienenwalzwerke, nach diesem System von Tannet, Walker & Co. zu Leeds gebaut, waren

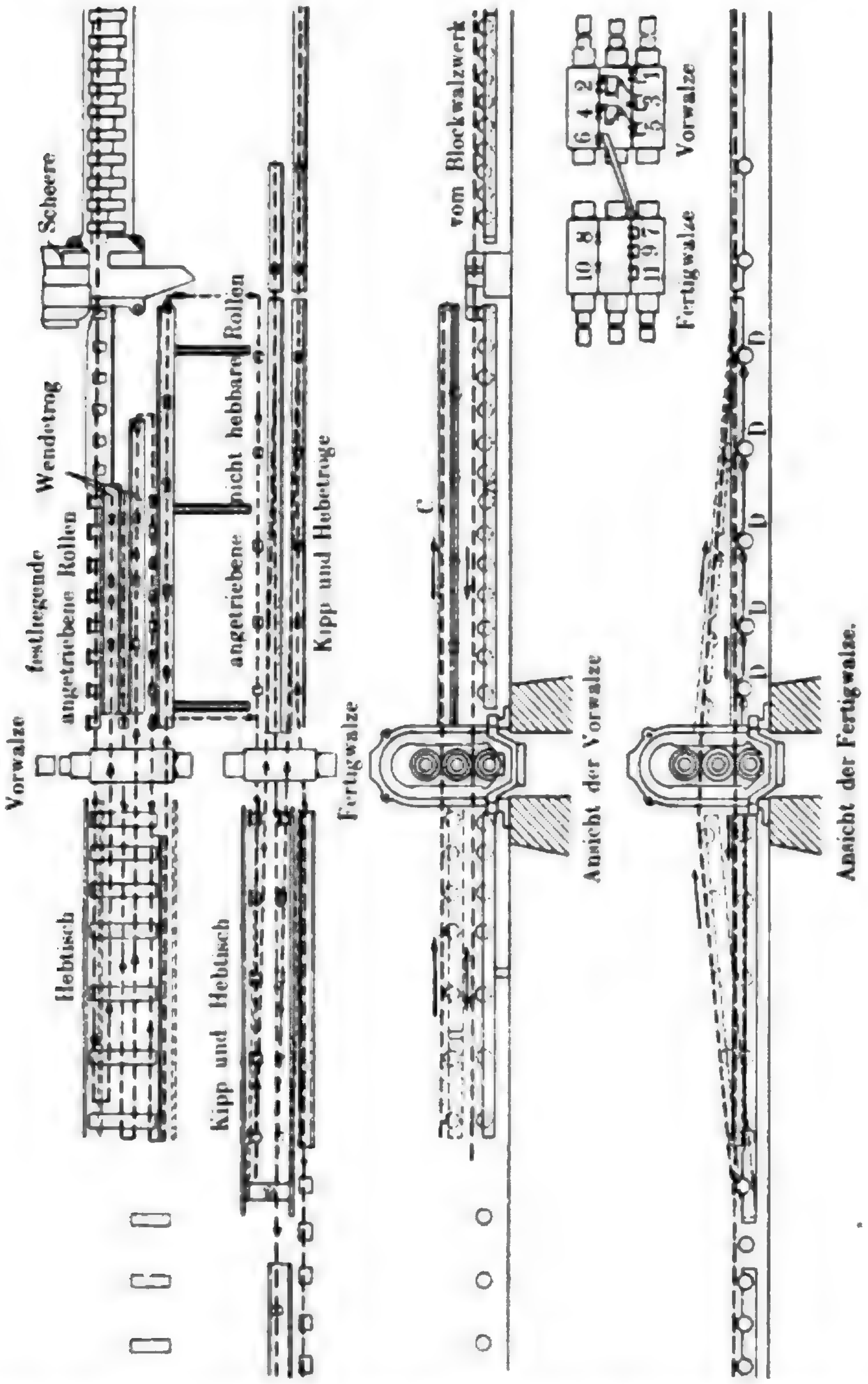
---

[1]) Stahl und Eisen 1883, S. 161.
[2]) Daselbst S. 461.
[3]) Siehe Kerpely, Jahresber. d. Fortschritte u. s. w. 1883.
[4]) Stahl und Eisen 1883, S. 499.
[5]) Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ingenieure 1888, Heft 12.
[6]) Stahl und Eisen 1884.
[7]) Österr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1884, S. 530.
[8]) Stahl und Eisen 1884, Heft 6.
[9]) Daselbst 1897, S. 137.

Digitized by Google

besonders auf den Estonwerken von Bolkow, Vaughan & Co. Bei Gebrüder Stumm arbeitete eine Reversier-Drillingsmaschine mit drei Dampfcylindern, 1882 von Ehrhardt & Sehmer erbaut, gut. Ein

Fig. 314.



Vorteil des Dreiwalzensystems lag darin, dafs das Schwungrad immer in derselben Richtung fortlief, wodurch weniger Dampf verbraucht wurde als bei den Reversiermaschinen mit Umsteuerung, obgleich diese bei jeder Arbeitspause ruhten. In Deutschland baute die Märkische Maschinenbaugesellschaft vorm. Kamp & Co. zu Wetter a. d. Ruhr gute Reversier-Zwillingsmaschinen.

Digitized by Google

Bei Schnellwalzen bot die Übersetzung durch Drahtseile Vorteile gegenüber dem Riemenbetrieb.

Das Kaltwalzen wurde in Amerika weiter ausgebildet; so wurden 1884 in dem Cambria-Eisenwerk zur Erzielung höherer Festigkeit und Elasticität Rund-, Quadrat- und Flachstäbe kalt gewalzt. Weitere Vorteile des kalt gewalzten Eisens waren: glatte, glänzende Oberfläche, genaues Kaliber und gröfsere Gleichförmigkeit [1]). Auch das Kaltziehen kam in Amerika in Aufnahme, wofür Billings einen Apparat erfand. Zu Norway in Massachusetts zog man hohle Stangen von 3 Zoll und mehr Durchmesser.

Seit 1885 ging man auch in den Vereinigten Staaten bei Neuanlagen zu den in England üblichen Duowalzen mit umsteuerbaren Dampfmaschinen (Reversier-Zwillingsmaschinen) über, so zu Cambria, Homestead, Worcester und Scranton. Anfang 1886 zählte man (nach Holley) 11 Werke mit Trio- und 3 mit Duo- und Reversiermaschinen. Als Muster eines englischen Blockwalzwerks beschrieb Calvus R. Holland [2]) 1885 das zu Ebbw-Vale. Es war ein Duowalzwerk, bei dem Ober- und Unterwalze durch hydraulische Kolben getragen war; die Oberwalze liefs sich um 2 Zoll heben. Mit demselben wurden Blöcke von $14^1/_2$ Zoll in einer Hitze auf 6 Zoll vorgeblockt. Sehr vollkommen war die Einrichtung zur Vorwärts-, Seitwärts- und Drehbewegung der Blöcke, was ebenfalls hydraulisch geschah.

Als Muster eines amerikanischen Schienenwalzwerks derselben Zeit kann die Anlage der Bethlehem-Stahlwerke von John Fritz angeführt werden. Auf dem Triowalzwerk wurden Schienen von 120 Fufs Länge ausgewalzt. Die Walzen hatten 120 cm Durchmesser und 3 m Bundlänge. Jede Walze hatte ihren Walzentisch. In den 14 Kalibern der drei Walzen wurden die Blöcke von 400 × 400 auf 200 × 200 mm heruntergewalzt. Das Gewicht der Mittelwalze war durch Stahlfedern ausbalanziert. Die Schienen wurden von einem Tisch zum anderen durch Hebelarme, welche durch eine zwischen den Tischen laufende Welle mittels einer Dampfmaschine automatisch bewegt wurden, gehoben. Die rasche Übertragung von einem Tisch zum anderen bewirkte, dafs viel mehr in einer Hitze ausgewalzt werden konnte. Durch eine hydraulische Friktionsscheibe liefs sich das ganze Walzensystem reversieren. Die Dampfmaschine der Blockwalze hatte 1650 mm Kolbendurchmesser, 2200 mm Hub; das Schwungrad,

---

[1]) Siehe Revue universelle, t. XVIII, no. 2, und Stahl u. Eisen 1886, S. 91.

[2]) Engineering 1885, Bd. 38, S. 421; Österr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenw. 1885, S. 521.

Digitized by Google

das 100 Tonnen wog, hatte 9750 mm Durchmesser und machte 35 bis 40 Umdrehungen in der Minute. Die Fertigwalze bestand aus zwei Triogerüsten, die durch eine dreifache Verbundmaschine von 6000 bis 8000 Pferdekräften betrieben wurde. Die Geschwindigkeit konnte auf 120 Umdrehungen der Walzen in der Minute gesteigert werden. Das Auswalzen geschah in zwei Hitzen. Die Schienen wurden schief abgeschnitten, nach dem Verfahren von Robert Sayer mittels der Schere von John Fritz.

Die amerikanischen Blockwalzwerke hatten (1886) 750 bis 900 mm, die Fertigwalzen 550 bis 610 mm Durchmesser; erstere machten 40 bis 45, letztere 80 bis 90 Umdrehungen in der Minute. Das Auswalzen einer Schiene dauerte nicht ganz eine halbe Minute. Eine Erzeugung von 600 Tonnen Vignolschienen in 24 Stunden war nicht selten. Das Edgar-Thomson-Werk hatte es sogar auf 725 Tonnen oder 2650 Schienen von 9 m Länge (30 kg pro Meter Gewicht) im Tage oder 4170 Tonnen in der Woche und etwa 160 000 Tonnen im Jahre gebracht. Charakteristisch war dabei, dafs fast alle Arbeit mechanisch geschah. Die Blöcke wurden mit Lokomotiven vom Bessemerwerk angefahren, mit Hülfe hydraulischer Hebewerke in die Wärmöfen, die nach Siemens' System erbaut und mit Naturgas geheizt wurden, eingesetzt u. s. w.

Universalwalzwerke für Profileisen [1]) wurden 1886 in Europa von Hugo Sack in Duisburg und fast gleichzeitig in Amerika von J. S. Seaman in Pittsburg erfunden und patentiert. Das Sacksche Universal-Trägerwalzwerk [2]) arbeitete gleichzeitig mit vier Walzen, von denen die zwei seitlichen Schleppwalzen waren.

1885 bereits hatte Dr. F. Kögel in Stafsfurt das Schrägwalzenverfahren [3]) (D. R. P. Nr. 34 617 vom 27. Januar 1886) erfunden. Mit einem Universalwalzwerk wollte er mit zwei oder mehr Walzen und acht Hülfsmaschinen alle erdenklichen Arten von Profileisen, und sowohl aus massiven als hohlen Blöcken Röhren aller Art für Leitungen, Wellen, Schraubenrohre, Rippenrohre, sowie ganz neue Profile walzen. Durch die erste Hülfsmaschine sollte den Stäben bei dem Ein- und Austrittsende und der periodischen Kompression eine so verschiedene Rotation gegeben werden, dafs dadurch den Aufsenfasern eine seilartige Windung erteilt würde; hierdurch würde eine

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1886, S. 765; 1887, S. 540.
[2]) Daselbst 1898, S. 1076.
[3]) Zeitschr. d. Oberschl. Berg- und Hüttenm. Vereins 1886, S. 354; Stahl und Eisen 1887, S. 451.

Digitized by Google

größere absolute Festigkeit des Walzproduktes und eine solche allseitige Kompression bewirkt, dafs das Material jede Querschnittsveränderung annähme. Die zweite Hülfsmaschine bestand aus zwei rotierenden Planscheiben mit geneigten Achsen, Fig. 315. Diese erteilen dem Werkstück eine rotierende Bewegung und bewirken aufser der Faserdrehung und Kompression eine Vorwärtsbewegung derselben. 3. sollte das Auswalzen dicker Blöcke entsprechend in gleichzeitig umlaufenden Drei- oder Vierwalzen (Fig. 316) stattfinden. Da die mittleren Partieen sich nicht entfernen könnten, so würde sich eine bedeutende Dimensionsveränderung ohne Hohlwerden des Produktes erreichen lassen; 4. wurde das Durchpressen durch Druckeisen vorgeschlagen. 5. Um jede nicht runde Querschnittsform herzustellen, sollten „Walznasen“ gegen das aus den Walzen tretende runde, glühende und weiche Walzstück drücken. 6. Durch Vertiefungen in den Walzen sollten Schraubenlinien in das Rundeisen geprefst werden. Ferner wollte er mit drei Walzen sogar Kugeln walzen. Kögels Walzsystem war ein geistreiches neues Prinzip[1]), doch gelang es ihm selbst nicht, dasselbe in die Praxis einzuführen.

Fig. 315.

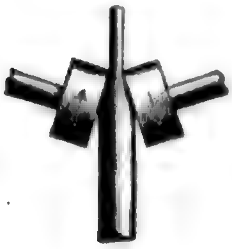
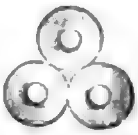


Fig. 316.



Dies gelang dagegen Mannesmann. Es mufs hierbei aber gleich bemerkt werden, dafs „Mannesmann“, wonach dieses Schrägwalzverfahren den Namen erhalten hat, nicht eine, sondern mehrere Personen dieses Namens umfafst. Zunächst den Vater Reinhard Mannesmann sen. in Remscheid, der sich für die Feilen- und Stahlfabrikation hoch verdient gemacht hatte und den man wohl als Schöpfer der deutschen Qualitäts-Feilenindustrie bezeichnen darf, sodann seine Söhne Alfred, Max, Reinhard und Carl[2]). Der Vater Reinhard Mannesmann stand damals bereits im 72. Lebensjahre und hat an der Ausbildung des Mannesmann-Walzverfahrens keinen so grofsen Anteil mehr genommen wie seine strebsamen Söhne. Dennoch gebührt ihm ein wesentlicher Anteil an dem Ruhm der Erfindung, indem er die Wichtigkeit des neuen Walzverfahrens schon früh erkannte. Er hatte seit 30 Jahren dem Röhrenwalzen

[1]) Es mufs indes bemerkt werden, dafs derselbe Erfindungsgedanke schon einem englischen Patent von G. W. Dyson und H. A. Hall vom 31. Oktober 1870 (Nr. 2856) zu Grunde lag.

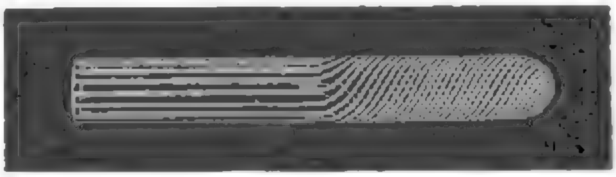
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1894, S. 457.

Digitized by Google

seine Aufmerksamkeit zugewendet und war wohl zu ähnlichen Ergebnissen gekommen wie Dr. Kögel. Angeblich hatte er seinen Söhnen nach Abschlufs ihrer Studien seine Ideen mitgeteilt. Diese kamen dann „nach mehrjähriger, beharrlicher Arbeit mit Hülfe reichen, theoretischen Wissens zum Ziel".

Mannesmann kaufte Kögels Patent und Alfred Mannesmann erhielt bereits am 18. Februar 1886 ein Patent auf das Schrägwalzverfahren für Österreich-Ungarn. Der Erfindergedanke ist in dem Patente wie folgt ausgedrückt[1]): Das Schrägwalzverfahren gestattet fast beliebige Querschnittsveränderungen, so dafs aus einem Blocke unmittelbar fertiges Rund- und Profileisen, ferner durch Verstellen der Walzen während des Durchgangs Walzstücke von ungleichem Querschnitt und endlich ganz oder teilweise hohle Produkte mit oder ohne Anwendung eines Dorns erzeugt werden können. Das Eigentümliche des neuen Walzverfahrens besteht darin, dafs die Arbeitsstücke nicht, wie bei den bekannten Darstellungsweisen, senkrecht zur Achsenrichtung der rollenden Teile, sondern parallel oder schief zu dieser fortschreiten, wodurch sie dem Einflusse der Walzen viel länger ausgesetzt bleiben. Die Walzen sind im allgemeinen nicht cylindrisch, sondern so geformt, dafs verschiedene Punkte ihrer Flächen ungleiche Umfangsgeschwindigkeiten haben, die den Teilen der durchlaufenden Walzstücke verschieden starke Drehungen erteilen, so dafs die Aufsenfasern derselben eine seilartige Windung erhalten (Fig. 317).

Fig. 317.



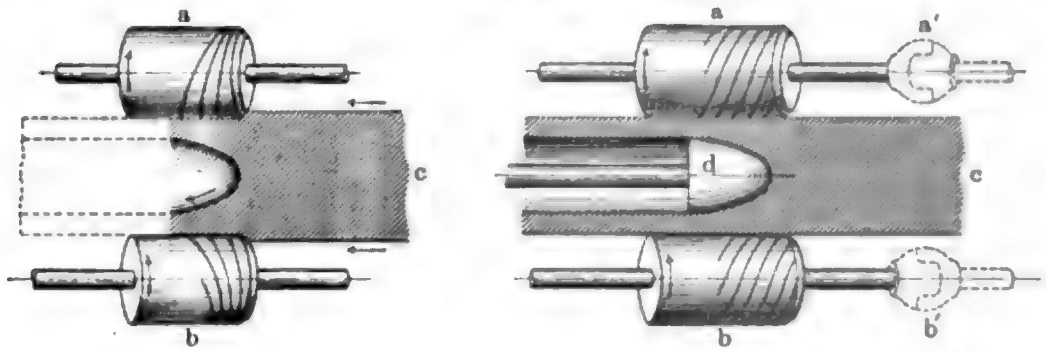
Am meisten hat sich das Mannesmann-Walzverfahren für die Darstellung nahtloser Röhren bewährt. Dieselben konnten aus massiven Blöcken in einer Operation hergestellt werden. Das Wesen des Mannesmann-Walzverfahrens und das dabei zur Verwendung kommende Walzwerk ist durchaus abweichend von dem gewöhnlichen Walzen. Die Walzen haben stumpfkegelförmige Gestalt, ihre Achsen liegen schräg zu einander, weshalb man das Verfahren auch als „Schrägwalzen" bezeichnet, und die Walzen laufen in gleicher Richtung mit grofser Geschwindigkeit um. Die Form der Walzen und die Stellung ihrer Achsen bedingen hauptsächlich die Wirkungsweise. Die Walzenachsen liegen in parallelen Ebenen, Fig. 318 (a. f. S.), sind aber in der

[1]) Siehe Dingl. Polyt. Journ. 1887, Bd. 265, S. 542.

Digitized by Google

dazu senkrechten Ebene gegeneinander geneigt, so dafs in der Ansicht die Endflächen voneinander abgewandt erscheinen. Das Arbeitsstück *c* tritt in horizontaler Richtung zwischen die konvergierenden Walzen *ab* ein und wird von den Oberflächen der rasch rotierenden Walzen erfafst. Die Walzen wirken mit grofser Energie auf die Oberfläche

Fig. 318.



des heifsen, weichen Blockes ein und ziehen zugleich denselben vorwärts. Da aber die Wirkung auf die Oberfläche eine viel intensivere ist, so folgt diese rascher als der Kern der Masse, wodurch dieselbe rohrförmig aus dem anderen Ende der Walze heraustritt. Diese Wirkung kann noch verstärkt werden durch schraubenförmige Furchen oder Wulste. Damit das Arbeitsstück in der richtigen Lage bleibt und rund läuft, bedarf es einer Führung, welche am besten durch eine oder zwei Führungswalzen bewirkt wird. Das Ende einer so erzeugten Röhre bleibt selbstverständlich geschlossen.

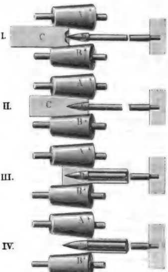
Bei einem gewissen Verhältnis zwischen der Achsenneigung der Walzen, der Länge und Konvergenz der Arbeitsflächen und der Umdrehungsgeschwindigkeit tritt die merkwürdige Erscheinung ein, dafs eine massive Rundstange, entlang ihrer geometrischen Achse, im innern aufgerissen wird, so dafs sie ein auf beiden Enden geschlossenes Rohr bildet. Auf diese überraschende Thatsache legten anfangs die Erfinder sowohl als die Erklärer derselben einen besonders grofsen Wert. Die Hoffnungen, welche sie für die Röhrenfabrikation daran knüpften, haben sich aber nicht erfüllt. Die Innenfläche dieses Hohlraumes ist unregelmäfsig und rauh, für praktische Zwecke deshalb nicht zu verwenden. Als physikalische Erscheinung ist sie dagegen hochinteressant. Die chemische Analyse des in der inneren Höhlung eingeschlossenen Gases von Finkener hat ergeben, dafs dasselbe aus 99 Prozent Wasserstoff und 1 Prozent anderen Gasen hauptsächlich Stickstoff besteht.

Die rauhen, gestrickten Oberflächen der inneren Röhrenwände,

Digitized by Google

welche sich bei dem oben beschriebenen Walzverfahren bilden, stehen ihrer Verwendung im Wege, wogegen dieser Übelstand fortfällt, sobald das Walzen über einen Dorn erfolgt, wie es Fig. 319 nach dem Patent von 1897 (D. R. P. Nr. 100001) darstellt. Dieses Verfahren ist deshalb, weiter ausgebildet, für die Praxis allein wichtig geworden. Es eignet sich ganz besonders für die Herstellung nahtloser Röhren aus Flufseisenblöcken. Die Walzen sind ähnlich wie die oben beschriebenen; zwischen ihren konvergierenden Enden befindet sich eine verhältnismäfsig schwache Stange mit dem Dorn, über den sich das Rohr ohne grofsen Widerstand vorwalzt. Es tritt nämlich bei dem energischen Zug der Fasern an der Oberfläche und der raschen Rotation, auch wenn noch keine Öffnung in der Mittelachse des Walzstückes sich bildet, eine schwammige Auflockerung des Kerns ein, welche dem Dorn nur geringen Widerstand bietet. Das ganze Rohr walzt sich deshalb leicht über den Dorn. Durch das Anpressen wider den Dorn wird aber die innere Röhrenöffnung glatt. Durch Anwendung eines zweiten, stärkeren Dorns kann man das Rohr ganz oder teilweise ausweiten und so z. B. eine Muffe anwalzen, was in derselben Hitze oder nach kurzem Anwärmen des Rohres geschehen kann. Zum Ausweiten eines Rohres kann man tonnenförmige Walzen benutzen, durch welche das Walzstück in entgegengesetzter Richtung, wie oben angegeben, sich bewegt und der Dorn von der divergierenden Seite der Walzen eintritt.

Fig. 319.



Die überraschenden Erscheinungen des Schrägwalzverfahrens erregten die gröfste Bewunderung der Fachleute wie der Laien. — Die Herstellung der Rohre erfordert im Moment des Durchwalzens eine grofse Kraftleistung. Man hat berechnet, dafs ein Rohr von 50 bis 60 mm Weite 2000 Pferdekräfte brauche. Aber auch diese Schwierigkeit hatten die Gebrüder Mannesmann in genialer Weise überwunden. Es genügt nämlich eine verhältnismäfsig schwache Betriebs-

Digitized by Google

maschine, wenn es nur gelingt, die Kraft in einem schweren, rasch umlaufenden Schwungrad, das als Kraftspeicher dient, anzusammeln und im Augenblick der Arbeit auszunutzen. Die Mannesmann verwendeten in Remscheid als Motor eine alte Eisenbahnlokomotive in Verbindung mit einem Schwungrad, das sie nicht aus Gufseisen herstellten, sondern aus einem Armstern aus Schmiedeeisenstäben, welche sich tangential um eine Nabenscheibe aufbauten und um welche ein starker Kranz von Stahldraht gewickelt war (D. R. P. Nr. 47209). Diesem Radkranz konnten sie die $2^1/_2$fache Umfangsgeschwindigkeit als einem Kranz aus Gufseisen geben. Bemerkenswert war ferner noch die Verwendung von Flächendruckrädern an Stelle von Kegelrädern zur Übersetzung und die „Schnittgelenkkuppelung“.

Die scheinbare Einfachheit der Erfindung und Ausführung der Gebrüder Mannesmann, die wie das Ei des Kolumbus erschien, erzeugte einen Hoffnungstaumel, welcher der Sache mehr geschadet als genutzt hat. Berühmte Professoren und Industrielle hielten begeisterte Vorträge über das Mannesmannverfahren, so namentlich Fr. Siemens in Dresden am 30. April 1888[1]) und Professor Reuleaux im Architektenhause zu Berlin am 16. April 1890[2]), worin sie dem neuen Verfahren die glänzendste Zukunft vorhersagten. Die warnende Stimme des klaren, erfahrenen Pet. von Tunner, der in einem am 22. Dezember 1888 gehaltenen Vortrage zwar das Originelle der Erfindung voll anerkannte, vor überschwenglichen Hoffnungen aber warnte, indem er auf die Kosten hinwies und sagte: Die Mehrkosten dieser Fabrikate werden wohl nur in jenen relativ seltenen Fällen gezahlt werden, wo Röhren, „nach dem bisher üblichen Verfahren dargestellt, nicht gut zu verwenden sind“, wurde überhört. Es bildete sich 1890 die Deutsch-österreichische Mannesmann-Röhrenwalzgesellschaft in Berlin mit einem Kapital von 36 Millionen Mark, wovon angeblich 16 Millionen den Gebrüdern Mannesmann für ihre Erfindungspatente gezahlt wurden. Die Gesellschaft übernahm die von den Brüdern Mannesmann gegründeten Werke in Deutschland und Österreich. Es waren dies die Röhrenwalzwerke Remscheid, Komotau in Böhmen und Bous an der Saar[3]).

[1]) Im Sächsischen Architekten- und Ingenieurverein.

[2]) Siehe Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen vom 1. Juni 1890.

[3]) Mitteilungen über diese Werke von J. Castner in Stahl und Eisen 1895, S. 526; 1896, S. 102 u. 144. Aufserdem entstand in England die Mannesmann-Tube-Company zu Landore und ein Werk für Metallröhren von Heckmann zu Duisburg.

Digitized by Google

Von diesen war das zu Komotau das gröfste. Es war aus einem älteren Werk entstanden, das 1887 von der „Kommanditgesellschaft Mannesmann“ nach der Erteilung des österreichischen Patentes erworben und für den Zweck eingerichtet worden war; 1895 beschäftigte das Werk 700 Arbeiter. Es erzeugt Röhren aller Art, besonders Sieder-röhren für die österreichischen Bahnen. Bous an der Saar, das jüngste und kleinste der Werke, lieferte als Spezialität Stahlflaschen für komprimierte Kohlensäure und andere verdichtete Gase, sowie Präzisionsröhren. Erst 1892 erschien das Werk mit seinen Stahlflaschen auf dem Markt. Die Mannesmann-Röhrenwalzwerksgesellschaft hat schweres Lehrgeld bezahlen müssen, bis sie zu einem geregelten Betriebe kam. Wohl hatte sie die Erfindung und die Ausführung der Erfindung erworben, aber die dritte schwere Aufgabe, das neue Produkt mit Vorteil herzustellen und zu vertreiben, mufste erst gelöst werden. Viele Jahre hindurch arbeitete die Gesellschaft ohne Nutzen und mufste viele Millionen ihres Kapitalvermögens zusetzen. — Anfangs wollte man die mannigfaltigsten Artikel, namentlich auch Gegenstände für das Kunstgewerbe, hohle Eisenbahnschienen und Träger u. s. w. herstellen. Erst allmählich überzeugte man sich, dafs nur in der Röhrenfabrikation für bestimmte Zwecke die Möglichkeit eines gewinnbringenden Betriebes liege. Die jetzt von den Mannesmannwerken ausschliefslich hergestellten Artikel sind: Leitungsröhren, besonders für Hochdruckleitungen, stufenförmig abgesetzte Masten für Schiffe, für elektrische Beleuchtung und zur Stromzuführung an elektrische Eisenbahnen, Telegraphen- und Telephonstangen, Bohr- und Gestängeröhren für Tiefbohrungen, Siede- und Wasserröhren für Lokomotiv- und Schiffskessel, Stahlflaschen, ferner durch Kaltziehen hergestellte dünnwandige Stahlröhren (Präzisionsröhren), besonders für Fahrräder. Für militärische Zwecke fanden Mannesmannröhren für Granathülsen und für Lanzenschäfte Verwendung. Die Fabrikation hat sich fortschreitend entwickelt. Anfänglich glaubte man alles auf dem oben skizzierten Schrägwalzwerk, dem sogenannten Blockapparat, erreichen zu müssen. Bald aber überzeugte man sich, dafs nur die Vorarbeit, die erste Anfertigung dickwandiger Röhren, vorteilhaft auf dem Blockapparat geschieht, die weiteren Arbeiten, wie besonders das Aufweiten, Umbördlen u. s. w., auf besonderen Apparaten auszuführen seien.

Hierfür erfand Reinhard Mannesmann jun. (1890 bis 1895) sein sogenanntes „Pilgerwalzwerk“ (D. R. P. Nr. 84778) für schrittförmiges Walzen durch eigenartige Bewegung der Arbeitswalzen; mit

Digitized by Google

diesem wurden dickwandige Röhren über einem konischen Dorn durch schrägstehende Scheiben (Scheibenstraſse) ausgeweitet, anfangs nur bis zu 150 mm, 1895 bereits bis zu 250 mm lichter Weite. Für noch gröſsere Weiten bediente man sich eines Aufweiteapparates, bei dem Scheibenwalzen das Rohr über einen feststehenden konischen Dorn pressen. Zuletzt müssen die Röhren noch in einer Art von Ziehbank kalibriert werden. Für „das schrittweise Walzen" nahm Reinhard Mannesmann jun. 1892 zwei Patente[1]) (D. R. P. Nr. 84 778 und Nr. 86 162) und Max Mannesmann eins 1894 (D. R. P. Nr. 88 638).

Das Schrägwalzverfahren erfordert ein geschmeidiges, gleichmäſsiges, fehlerfreies Material. Schweiſseisen entspricht diesen Anforderungen nicht, wohl aber blasenfreies Fluſseisen. Durch den Druck auf die Oberfläche und die durch das Schrägwalzverfahren erzeugte verstrickte Faserung bieten die Mannesmannröhren einen groſsen Widerstand gegen Biegen, Drücken und Zerreiſsen, angeblich das Fünf- bis Sechsfache gewöhnlicher Rohre gegen Innendruck. Wenn der Erfolg des Verfahrens den hochgespannten Erwartungen nicht entsprochen hat, so muſs doch rühmend anerkannt werden, daſs in der Erfindung und Ausführung des Mannesmann-Walzverfahrens eine groſse Summe von Geist und Thatkraft zum Ausdruck gekommen ist, die für die Gebrüder Mannesmann höchst ehrenvoll ist. Daſs das Schrägwalzverfahren groſse Fortschritte gemacht hat, bewies die Weltausstellung zu Chicago 1895, wo Bohrröhren von 508 mm Weite, neben Gewehrläufen, Fahrradröhren und Präzisionsröhren von 38 mm Weite und nur $^1/_3$ mm Wandstärke zu sehen waren.

Kehren wir nach dieser Episode über das Mannesmann-Walzverfahren zu unserer chronistischen Betrachtung der Fortschritte im Walzwerksbetrieb zurück.

Wellmans verbesserte Blechwalze[2]) (1881) beruhte auf dem Lauthschen System, hatte bewegliche Ober- und Unterwalze und zum Heben und Vor- und Rückwärtsbewegen der Blechtafeln Rollentische, die durch einen unterirdischen Dampfmotor bewegt wurden.

Hussey, Bing & Co. in Pittsburg erfanden ein Walzwerk für Schaufeln aus Tiegelguſsstahlplatten; G. Balthasar in Hollerich bei Luxemburg 1887 ein Universalwalzwerk[3]) und Peter Kick

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1896, S. 290, 550.
[2]) Stahl und Eisen 1887, S. 254.
[3]) A. a. O. 1887, S. 694.

Digitized by Google

in Workington[1]) ein Stabeisenwalzwerk mit Zahnstange und Zahngetriebe statt des Reversierwalzwerks (D. R. P. Nr. 39054); Fairbairn und Wells ein Walzwerk zur Herstellung von Geschossen zwischen zwei Walzen, die in gleichem Sinne gedreht werden (D. R. P. Nr. 43898 vom 15. Juli 1887).

Die Walzenzugmaschinen wurden immer allgemeiner nach dem Verbundsystem gebaut. R. M. Daelen konstruierte Einkurbel-Verbund-Walzenzugmaschinen, bei denen zwei um 90° verstellte Dampfkolben an einer Kurbel angriffen, z. B. für Sandviken-Jernverks in Schweden. Ähnliche Maschinen waren zu Firminy (St. Etienne) in Frankreich und in den Vereinigten Staaten. Der Motor des grofsen Triowalzwerks zu Bethlehem bestand aus drei horizontalen Tandem-Verbundmaschinen, die auf eine dreifach gekröpfte Welle von Stahlgufs angriffen.

Eine von Otto H. Müller in Gemunden ausgeführte Reversiermaschine, bei der der Hochdruckcylinder über dem Niederdruckcylinder stand, wurde von Direktor Schmidhammer in Neuberg aufgestellt. Edw. Allis & Co.[2]) bediente sich auf den Reliance-Works zu Milwaukee einer Umsteuerungs-Zwillingsmaschine.

1888 führte Franklin Hilton zu Middlesborough zuerst bei Bolkow, Vaughan & Co. das Anwärmen der Walzen vor dem Anlassen mittels Gasbrenner ein, wodurch die durchschnittliche Dauer der Walzen von $79^5/_8$ auf 342 Tage erhöht wurde.

In diesem Jahre wurden eine Anzahl von Verbesserungen an den Walzen-Rollentischen patentiert, so ein Kantapparat zum Heben und Wenden der Blöcke von Hugo Sack[3]) und eine Wendevorrichtung von Williamson und Nellson. Letztere besteht aus zwischen den Transportwalzen auf Schienen laufenden Wagen, die sich in entgegengesetzter Richtung bewegen. Jeder Wagen hat eine oscillierende Walze mit Hebe- und Wendefingern, welche den Block von einem Wagen auf den anderen rollen. Der Blockwender von David Davy in Sheffield[4]) ist ein Schlitten mit hydraulischem Antrieb und drehbarer Gabel. Verbesserte Vorrichtungen zum Transport der Blöcke von einem Walzenpaar zum anderen (Engl. Pat. Nr. 4490 vom 23. März

---

[1]) A. a. O. 1887, S. 509.

[2]) Siehe Kerpely, Fortschritte u. s. w. 1888, Taf. IX, Fig. 8.

[3]) Stahl und Eisen 1888, S. 436.

[4]) Daselbst 1889, S. 239 und 1890, S. 153.

Digitized by Google

1888) wurden von David Evans und Anton Harrison zu Barrow-in-Furnefs eingeführt [1]).

Von neuen Walzwerkskonstruktionen von 1888 nennen wir: Gubbins Revolverwalzwerk; ein Universalwalzwerk von Adams in Gateshead, bei dem die liegenden und die stehenden Walzen besonderen Antrieb haben; ein Walzwerk für Band und Winkeleisen mit vier Walzen von Schmidt in Hagen; ein Bandeisenwalzwerk von Wilh. Bansen in Kattowitz (D. R. P. Nr. 43041) mit drei hintereinander liegenden Walzenpaaren; ein Universalwalzwerk für Rund- und Quadrateisen von demselben (D. R. P. Nr. 48831); ein Walzwerk von Manassah Gledhill zu Openshaw bei Manchester, um Cylinder zwischen drei Walzen auszuwalzen (Kerpely, Jahresbericht 1888, S. 253) und das Räderwalzwerk der Contin. Rolled Steel Car-Wheel Company zu Norristown (Pa.), um mit vier Walzen in Winkelstellung Wagenräder zu walzen; ferner ein Radreifenwalzwerk von J. Munton zu Maywood, Illinois (D. R. P. Nr. 43328); sodann ein Nagelwalzwerk von E. Fuller (Engl. P. Nr. 9513).

Eigenartig war die Walzmaschine von Simonds [2]), mit welcher Rundstäbe zwischen zwei parallelen, senkrecht in entgegengesetzter Richtung auf und ab gehenden Platten hergestellt wurden. Die Arbeit war ähnlich, wie wenn man Brotkrumen zwischen den Händen reibt. Es sollten allerlei cylindrische Körper, wie Wagenachsen, Spindeln, Wellen, Geschofshülsen u. s. w., damit erzeugt werden.

Verwandt mit dem Kögel-Mannesmannverfahren war das von von Flotow und H. Leidig in Danzig erfundene Walzen kleiner Rotationskörper (Kugeln, Langgeschosse, Bolzen) mittels zweier Hyperboloidscheiben.

Das Walzen von Façon- und Ziereisen mit besonderen Walzwerken wurde von L. Mannstädt & Co. in Kalk bei Köln vervollkommnet [3]).

W. Lorenz in Karlsruhe erfand ein Verfahren zur Herstellung von Walzen mit unregelmäfsigen Kalibern (D. R. P. Nr. 49313 und 50063).

W. E. Highfield in Philadelphia konstruierte ein Walzwerk für L- und Z-Eisen mit vier konischen Walzen (Amer. Pat. Nr. 399896);

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1888, S. 705.

[2]) Daselbst 1888, S. 255, mit Abbild.

[3]) Daselbst 1889, S. 29, mit Abbild. und Mustern.

Digitized by Google

E. Stegmann ein Duo-Blechwalzwerk mit heb- und senkbarer Unterwalze (D. R. P. Nr. 50168).

1889 verbesserte J. Munton[1]) sein Radkranzwalzwerk durch Anbringung vertikaler Schneidewalzen (D. R. P. Nr. 49889).

J. O. Evenson in Pittsburg erfand ein Blockwalzwerk mit zwei hintereinander stehenden Walzenpaaren, desgleichen James Riley in Glasgow (Engl. Pat. Nr. 14044 vom 6. September 1889[2]) mit zwei horizontalen und zwei vertikalen Walzen.

Für Blockwalzen hatte damals das Zweiwalzensystem mit offenen Kalibern und umsteuerbaren Zwillingsmaschinen ohne Schwungrad die Oberhand gewonnen.

Verbesserte Blockwender wurden angegeben von David Davy in Sheffield[3]) (Engl. Pat. Nr. 10797 vom 25. Juli 1888 und Nr. 18178 vom 12. Dezember 1888), von Jul. Kennedy in Pittsburg (Amer. Pat. Nr. 386324) und von John Fulton, Miller und Finaly Finalyson (Engl. Pat. Nr. 3185 vom 22. Februar 1889[4]). William Davies in South Stockton nahm Patent auf eine Einrichtung zum Transport der Blöcke vom Walzwerk zu der Schere (Engl. Pat. Nr. 5115 vom 25. März 1889[5]). W. Allen Mc Cool zu Beaver Falls erfand eine Richtmaschine (D. R. P. Nr. 48940); Charles Davy in Sheffield einen Walzentisch.

Charles Kellog in Findley (U. S.) erhielt Patent auf ein Verfahren zum Auswalzen von Röhren und dergleichen aus hohlen Blöcken durch ein System von in einer geraden Linie hintereinander abwechselnd senkrecht und wagerecht gelagerten Walzen über zwischen denselben durchgehende Dorne.

E. Norton und O. G. Hodgson in Maywood (Illinois) erfanden ein Walzwerk zur Herstellung von Blech aus flüssigem Metall (D. R. P. Nr. 52002[6]); desgleichen von Profileisen (D. R. P. Nr. 53731).

Von den im Jahre 1890 veröffentlichten Verbesserungen und Vorschlägen erwähnen wir ein Universal-Trägerwalzwerk von E. und D. York mit vier Walzen[7]), die verbesserten Rollbahnen für Walzwerke von P. F. Hanley in Homestead (Pa.)[8]) und die Einrichtungen

[1]) A. a. O. 1890, S. 57.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1890, S. 889.
[3]) Daselbst 1889, S. 239; 1890, S. 153.
[4]) Daselbst 1890, S. 452.
[5]) A. a. O. S. 554.
[6]) Siehe Stahl und Eisen 1890, S. 637.
[7]) Daselbst 1890, S. 614, 640.
[8]) Amer. Pat. Nr. 413141 und 417484; Stahl und Eisen 1890, S. 738, 1077.

Digitized by Google

zum Ersatz der Handarbeit beim Walzen von James Morgan in Pittsburg (Pa); Die Einführung der hydraulisch bewegten „Wiege“ [1]) zur Aufnahme der Blöcke und Überführung auf die Zuführungsrollen des Blockwalzwerkes auf den Blochairn-Stahlwerken (J. Riley) und die Verwendung eines Universalwalzwerkes zum Vorwalzen der Brammen für Panzerplatten auf demselben Werke.

Nach R. M. Daelen [2]) wurden in Deutschland 1890 die Blockwalzen meistens als Duo mit Reversierung betrieben. Der Durchmesser der Walzen war auf 1100 mm gestiegen, mit Abnahme der Kaliber von ein Achtel bei genügender Stärke der Betriebsmaschinen, deren Kolben 1300 mm Durchmesser und 1500 mm Hub erhielten, wobei die Walzen 120 bis 130 Umdrehungen machten. Reversiermaschinen mit stehendem und liegendem Cylinder, oder mit drei liegenden Cylindern hatten sich am besten bewährt. Für die weitere Verarbeitung der Vorwalzblöcke zu Schienen, Schwellen und Profileisen war die Triowalze am meisten in Verwendung mit bis 800 mm Walzendurchmesser für I-Träger von 400 mm Höhe und 16 m Länge. Hierbei hat sich das Trio mit festgelagerter Mittelwalze als am geeignetsten erwiesen, während man bei der Blechfabrikation das Trio mit loser Mittelwalze (System Lauth) meistens anwendete. Hierbei machte man die Mittelwalze schwächer nach dem Grundsatz, dafs Walzen infolge der keilförmigen Wirkung um so stärker strecken, je schwächer die Durchmesser sind.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika [3]) wendete man 1890 sowohl Trios als reversierbare Duos bei den Blockwalzwerken an. Zu Homestead geschah das Vorblocken sogar in einem Universalwalzwerk [4]). Die Trio-Blockwalzwerke wurden durch starke, liegende Schwungradmaschinen mit Corlifs- oder Porter-Allen-Steuerung betrieben. Letztere war besonders beliebt, doch hatte die riesige Walzenzugmaschine des Trägerwalzwerks zu Homestead von 3500 P.S., welche von Rob. Wetherill & Co. in Chester (Pa.) erbaut war, Corlifs-Steuerung. Bei 1372 mm Dampfcylinderdurchmesser hatte sie 1828 mm Hub, das Schwungrad wog 8100 kg. In dem Phönixwalzwerke zu Phönixville (Pa.) waren Tandemmaschinen von 762 und 1168 mm Cylinderweite in Anwendung.

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1896, S. 1022.

[2]) Vortrag im American Institute of Mining Engineers in New York, 1. Okt. 1890; Stahl und Eisen 1890, S. 1041.

[3]) Siehe Stahl und Eisen 1891, S. 104.

[4]) Daselbst 1889, S. 124.

Digitized by Google

Bei allen Schwungradmaschinen wurden Regulatoren angebracht, um den Walzwerken gleichbleibende Geschwindigkeiten zu erhalten, was zu der hohen Produktion der amerikanischen Walzwerke wesentlich beitrug.

Die Reversiermaschinen waren horizontale Zwillingsmaschinen mit Zahnradvorgelege, wie in Europa.

Vor und hinter den Walzen befanden sich reversierbare Rollen auf Tischen, die hydraulisch gehoben und gesenkt wurden. Das Kanten der Blöcke erfolgte durch eine Reihe von Daumen, die den Block beim Sinken der Rolltische fassen und um 90° drehen; das Verschieben der Blöcke von Kaliber zu Kaliber wurde durch dieselben Daumen bewirkt, die auf einem gemeinschaftlichen Wagen standen, der durch Hydraulik zwischen den Rollen horizontal verschiebbar war. — Die Mittelwalze lag fest in den Walzenständern, Ober- und Unterwalze wurden durch Druckschrauben gegen die Mittelwalze eingestellt. — Bei den Duoreversierwalzwerken wurden die Daumen durch hydraulischen Druck auf und ab bewegt und unter die Oberkante der Rollen versenkt. Sie bewirkten das Kanten durch Wälzen des Blockes und das Vorschieben dadurch, dafs sie den Block vor das richtige Kaliber trugen.

In dem Cambria-Eisenwerk bewegten sich die Rollen in einem beweglichen Rahmen auf der Hüttensohle. Dieser Rahmen wurde durch hydraulische Cylinder hin und her geschoben. Bei den Schienenwalzwerken und teilweise auch bei den Blech- und Drahtwalzwerken wurden alle Arbeiten mechanisch und automatisch ausgeführt. Das seitliche Verschieben von einem Walzgerüst zum anderen geschah unabhängig von der Bewegung der Tische, während das Kanten und Verschieben von derselben Walze meist mit der Bewegung des Tisches zusammenhing. Durch diese selbstthätige Bedienung erzeugten die Schienenwalzwerke 1600 Tonnen und mehr in der Doppelschicht.

1891 kam in der Kruppschen Gufsstahlfabrik zu Essen das grofse Panzerplattenwalzwerk mit seiner zweicylindrigen Reversiermaschine[1]) von 3500 P.S. in Betrieb. Diese war von der Märkischen Maschinenbauanstalt vormals Kamp & Co. in Wetter a. d. Ruhr 1890 gebaut. Der Durchmesser der beiden Dampfcylinder betrug 1,30 m, der Hub 1,25 m. Die Übertragung der Bewegung auf die Walzen erfolgte im Verhältnis von 2,5 : 1 durch zwei geschmiedete Gufsstahlzahnräder. Die wirksame Länge der ebenfalls aus geschmiedetem

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1890, S. 509; 1893, S. 837.

Digitized by Google

Gufsstahl hergestellten Walzen betrug 4 m, das Gewicht der beiden Walzen 90 Tonnen. Das Vorschieben und Wenden der Platten geschieht selbstthätig durch Rollen und Daumen. Die Bedienung der Dampfmaschine erfolgt von einer über derselben befindlichen Steuerbühne aus. Bemerkenswert war auch die 1890/91 von der Duisburger Maschinen-Aktien-Gesellschaft, vormals Bechem & Keetmann, erbaute Reversierwalzwerksanlage des Hörder Bergwerks- und Hüttenvereins zu Hörde [1]). Sie zeichnete sich durch eine ausgiebige Verwendung der Hydraulik aus, namentlich waren sowohl die Oberwalzen der Block- und Fertigstrafsen hydraulisch ausbalanziert, als auch die Druckschrauben durch hydraulische Cylinder mit Plunger angestellt. Die Blockstrafse wurde durch eine Zwillings-, die Fertigstrafse durch eine Drillings-Reversiermaschine von Ehrhardt & Sehmer zu Schleifmühle bei Saarbrücken bewegt. Ausgedehnte Rollgänge vermittelten den Transport des Walzguts zwischen den Strafsen und den Rollöfen, Scheren, der Adjustage und dem Lagerplatz.

Patente auf verbesserte Rollbahnen nahmen 1891 Henry Aiken in Pittsburg (Pa.) (Amer. Pat. Nr. 439925) [2]) und Thomas J. Price [3]) in Danville (Pa.) (Amer. Pat. Nr. 441895). H. Aiken und James Morgan in Pittsburg (Amer. Pat. Nr. 450868) erfanden auch eine hydraulische Druckschrauben-Anstellung für Luppenwalzwerke [4]).

Reinhard Mannesmann jun. liefs sich am 4. Februar 1891 ein Verfahren des Auswalzens von mit Sand oder ähnlichen zusammendrückbaren Substanzen gefüllten Röhren schützen (D. R. P. Nr. 58410). Derselbe verbesserte 1896 sein bereits erwähntes schrittweises Walzverfahren, das „Pilgerwalzwerk“, wobei die Pilgerschrittbewegung der Arbeitsflächen der Walzen zum Teil durch Verschiebung der Walzen bewirkt wurde (D. R. P. Nr. 86162 und 88638). — Ferner nennen wir noch das Scheibenräderwalzwerk von J. R. Jones, Philadelphia (Amer. Pat. Nr. 457946 [5]), Blockwender für Rollbahnen von Fr. W. Wood, Baltimore (Amer. Pat. Nr. 457946) und eine Rollvorrichtung für Walzwerksscheren von Franz Leonhard (D. R. P. Nr. 61683).

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1893, S. 12, 181.

[2]) Daselbst 1891, S. 423.

[3]) A. a. O. S. 424.

[4]) Siehe Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1891, S. 550; Stahl und Eisen 1891, S. 249.

[5]) Siehe Stahl und Eisen 1892, S. 342.

Digitized by Google

Am 18. Dezember 1891 erhielt Otto Klatte in Neuwied ein Patent auf das Walzen von Ketten ohne Schweifsung aus Kreuzstäben. Das Walzwerk hatte vier Walzen mit Erhöhungen, welche die Öffnungen in die diagonal gelagerten Rippen des Kreuzstabes eindrückten (D. R. P. Nr. 65549). Bereits im Jahre 1881 hatte der Obermeister Oury in Cherbourg ungeschweifste Ketten aus Kreuzeisen durch Bohren, Stanzen, Schmieden und Gesenkschlagen hergestellt (D. R. P. Nr. 16652). Reid & Co. nahm diese Fabrikation in England auf. H. Rongier in Birmingham nahm 1889 ein ähnliches Patent zur Herstellung von Stegketten unter Anwendung von Pressen. Das Klattesche Walzverfahren ist genau beschrieben in dem Augustheft 1894 von „Stahl und Eisen“.

Aus dem Jahre 1892 ist das Feinblechwalzwerk von Karl Wittgenstein in Wien, welches auf der Rudolfshütte bei Teplitz erfolgreich arbeitete, hervorzuheben. Es diente zum Walzen von Blechen aus Flufsstahlblöcken und bestand aus einem Trio-Universalwalzwerk, auf dem Platinen vorgewalzt wurden, und aus einem Lautschen Trio mit fünf hintereinandergelagerten Duos zum Fertigwalzen. Der Antrieb geschah durch zwei kräftige Dampfmaschinen. Die Flufsstahlingots wurden von 50 auf $1\frac{1}{2}$ mm Dicke und von 0,6 m auf 40 bis 50 m Länge ausgewalzt[1]).

Das damals breiteste Trio-Blechwalzwerk von 3350 mm Ballenlänge hatte S. T. Wellman in Thurlow erbaut[2]).

Patente wurden 1892 noch erteilt auf ein Blockwalzwerk von A. Robert in Tilleur (Belgien), aus zwei horizontalen und zwei vertikalen Walzen bestehend, wodurch weder Reversion noch Überheben nötig wurde (D. R. P. Nr. 69487[3]); — auf ein Universalwalzwerk von H. Aiken (Amer. Pat. Nr. 484767); — auf ein eigenartiges Walzwerk von John A. Potter in Munhall (Pa.), bei dem zwei dünnere angetriebene Walzen sich oben und unten gegen dicke Schleppwalzen stützten (Amer. Pat. Nr. 477821[4]); — auf ein Walzwerk von Kratz & Strassmann in Barmen (D. R. P. Nr. 63307) zum Wickeln und Schweifsen von Röhren aus Bändern und Stäben; — auf ein Riffelblechwalzwerk von C. Löhr in Meggen (D. R. P. Nr. 68691); — auf ein Blechwalzwerk von H. Hewitt in Birmingham, bei dem drei Walzenpaare in einem Gerüst angeordnet waren (Engl. Pat. 1892, Nr. 1444);

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1892, S. 999.
[2]) Daselbst 1892, S. 782.
[3]) Daselbst 1893, S. 1056.
[4]) Daselbst 1893, S. 85.

Digitized by Google

auf ein Plattenwalzwerk der Soc. An. des Aciéries de Longwy in Frankreich (Engl. Pat. 1893, Nr. 18112 [1]).

1892 ließ sich Th. Morrison in Duquesne (Pa.) mehrere Verbesserungen an Rollbahnen zur automatischen Wendung und Einführung der Walzstücke patentieren [2]. Hydraulisch bewegte Walzentische von vorzüglicher Konstruktion waren am Blockwalztrio zu Homestead bei Pittsburg [3] in Betrieb; sie ermöglichten das vollständige Auswalzen eines Blockes in 1 bis 1½ Minuten.

A. Reese in Pittsburg (Pa.) erfand ein Universalwalzwerk für ⊥⊥-Eisen (Amer. Pat. Nr. 481056) und ein solches für Panzerplatten und schwere Bleche (Amer. Pat. Nr. 439390). Das Schwelmer Eisenwerk ließ sich 1894 ein Walzverfahren patentieren (D. R. P. Nr. 79192) mit drei oder mehr Kugelwalzen, wobei die Kaliber diagonal zu den Achsen stehen [4].

Bemerkenswert ist ein von Toussaint Sicheroux [5] in Duisburg schon 1891 erfundenes neues Walzverfahren (D. R. P. Nr. 65066 und 74335) zur Herstellung sehr breitflanschiger oder breitschenkeliger Formwalzstücke. Es geschieht dies durch Vorwalzen der Blöcke in Profile mit tiefen Rillen und durch Aufrichten der Flügel in einem Fertigwalzwerk, Fig. 550, welches aus mit Scheiben versehenen horizontalen Hauptwalzen und aus zwei kleineren vertikalen Druckwalzen zur Aufnahme des beim Breiten entstehenden Druckes und zur Profilierung besteht. — Auf ein Rillenschienenwalzwerk nahm die Georgs-Marienhütte in Osnabrück 1893 ein Patent (Nr. 80644). Ebenso ließ sich die Société anonyme D'Ougrée [6] in Belgien 1894 ein Rillenschienenwalzwerk patentieren (D. R. P. Nr. 84448 und 85375).

Fig. 550.

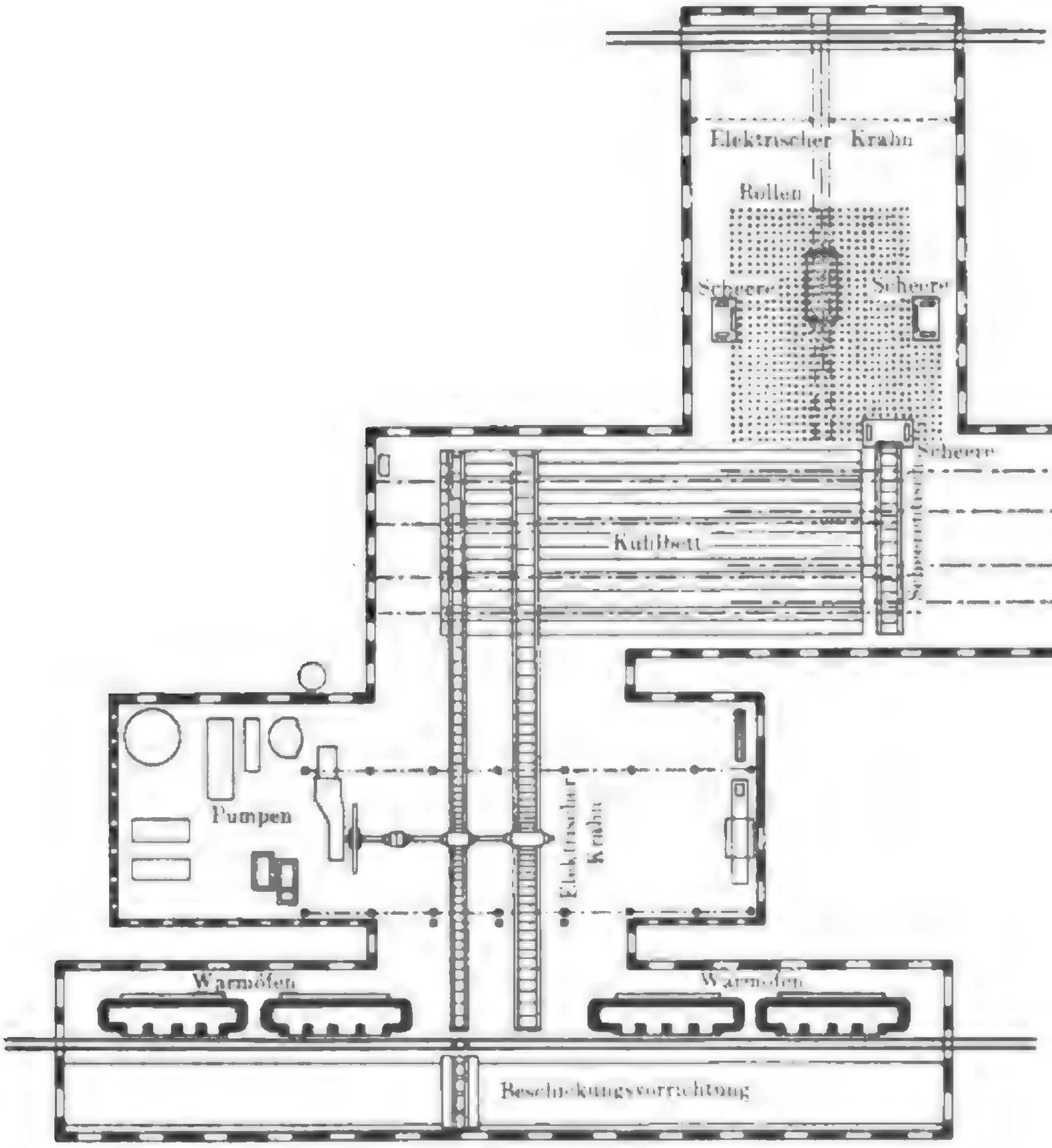
In den Vereinigten Staaten stellte W. E. Harris widerstandsfähigere Walzen mit Stahlkern in der Weise dar, daß er ein schmiede-

[1] Siehe Stahl und Eisen 1893, S. 579.
[2] Daselbst 1894, S. 414.
[3] Daselbst S. 115, Taf. III.
[4] Daselbst 1895, S. 901.
[5] Daselbst 1893, S. 103, 105.
[6] Daselbst 1895, S. 118.

Digitized by Google

eisernes Rohr mit Flufsstahl ausgofs und mit Gufseisen umgofs. Die W. Dewees-Company in Mc. Keesport verband ein Trio zum Walzen von Stahlblechen unmittelbar mit einem Glühofen. Chas. W. Morgan baute 1895 in Amerika den ersten automatischen Wärmofen. Platt

Fig. 321.



& Goldthorpe in England wollen den elektrischen Strom zum Erhitzen des Walzeisens benutzen (1896, D. R. P. Nr. 84088). Hatton erfand 1894 in England ein Kehrwalzwerk zum Walzen von Röhren (Engl. Pat. Nr. 12473/92).

Die neueren Fortschritte der amerikanischen Walzwerke[1]) bestanden namentlich darin, dafs man die Triowalzen festlagerte, oder die Mofsberg-Granvilleschen Rollenlager anwendete[2]) und die Rollen

[1]) A. a. O. 1897, S. 136 etc.
[2]) Siehe a. a. O. 1898, S. 200.

Digitized by Google

der Walzentische mit Elektromotoren antrieb; aufserdem verwendete man zum Wärmen der Blöcke Siemens-Regenerativöfen, in welche die Blöcke in senkrechter Stellung eingesetzt wurden. Die Kräne-

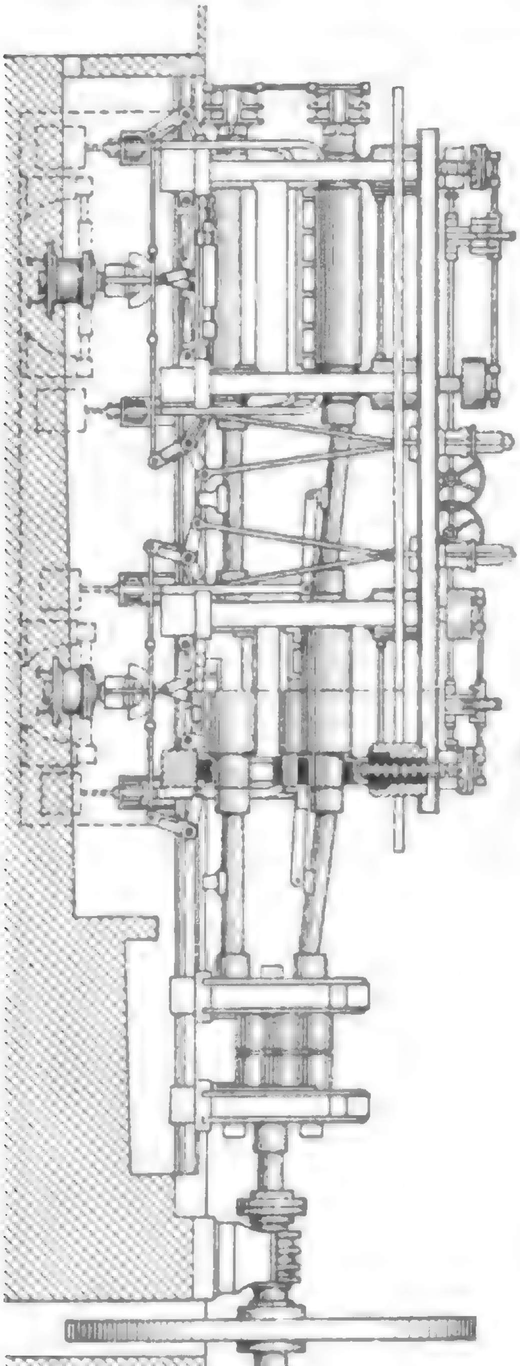


Fig. 323.

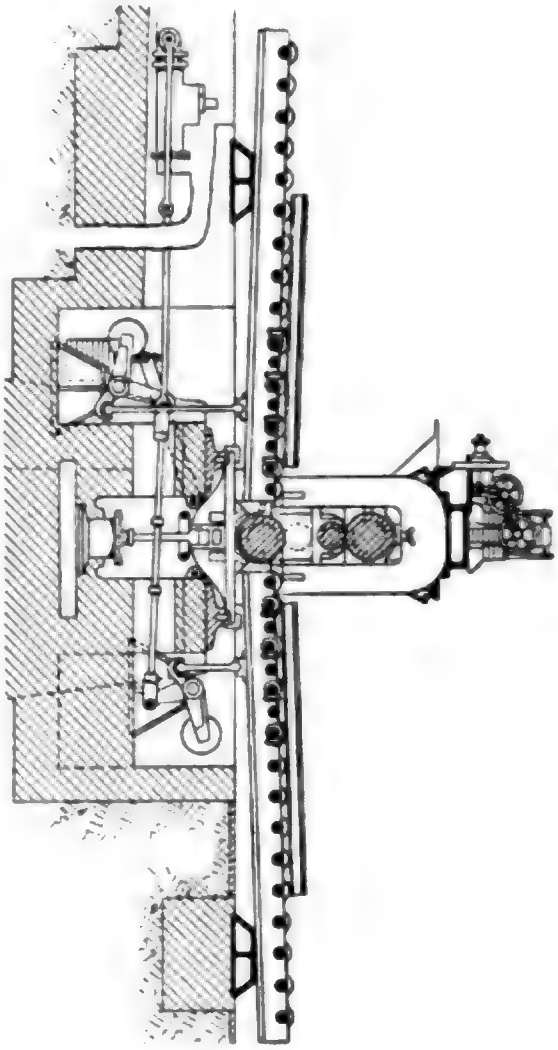


Fig. 322.

bedienung der neueren Walzwerke geschieht meistens elektrisch.

Fig. 321 (a. v. S.) stellt den Grundrifs des neuen Blechwalzwerkes der Illinois-Stahlgesellschaft von Südchicago (1896) dar, während Fig. 322, 323 Ansicht und Durchschnitt des Lauthschen Triogerüstes von dort vorführen. Ferner zeigt Fig. 324 den Durchschnitt des grofsen Blechwalzwerks und Fig. 325 die Ansicht des Universalwalzwerks der Bethlehem-Eisengesellschaft.

Verbesserte Rollbahnen liefsen sich 1896 G. W. Mc Clure in

Digitized by Google

Pittsburg (Amer. P. Nr. 54425) und J. A. Potter in Cleveland (Ohio, Amer. P. Nr. 54623) patentieren.

Ch. J. Morgan baute 1899 ein kontinuierliches Walzwerk für

Fig. 324.

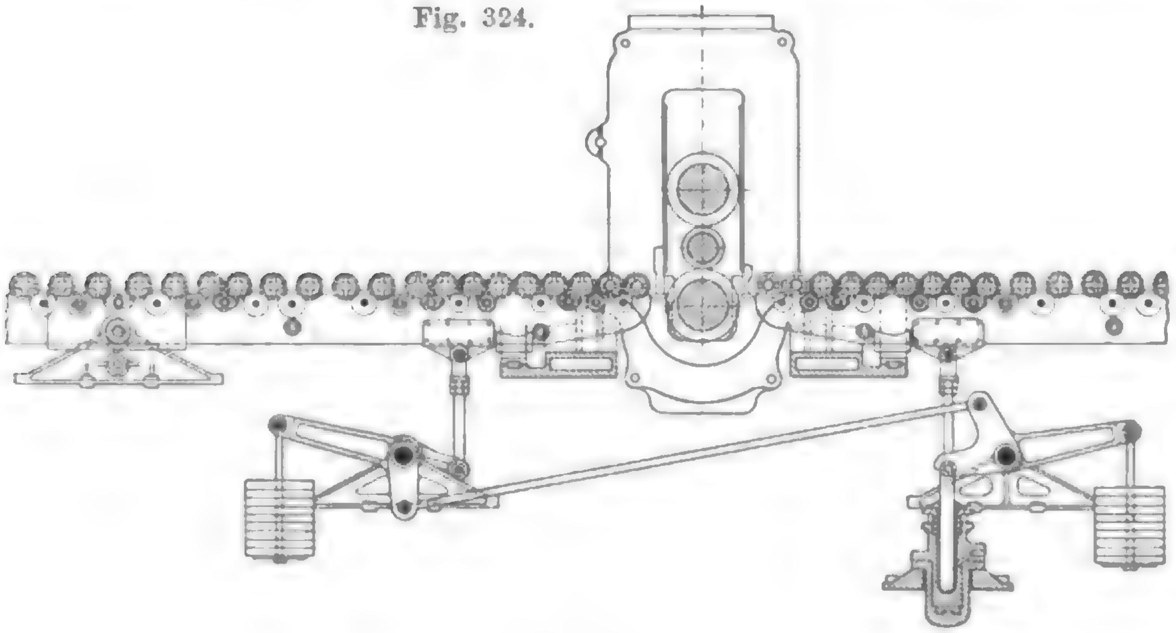
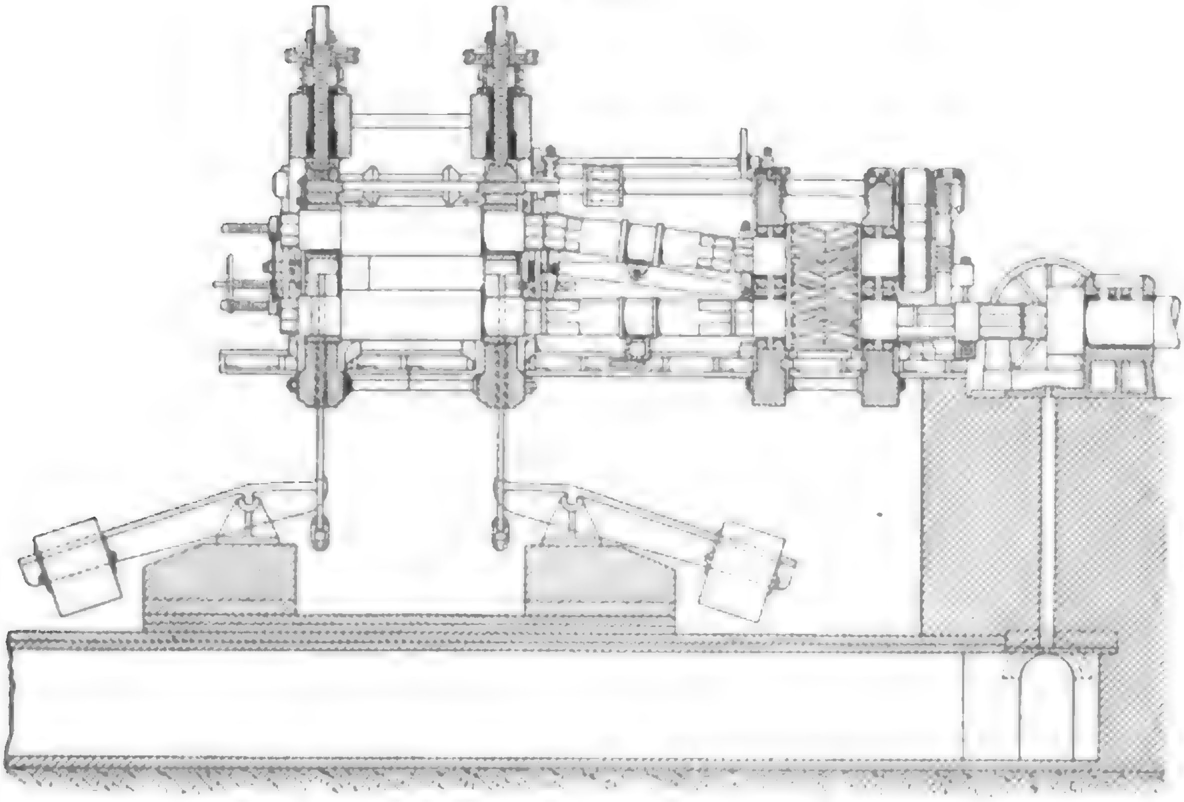


Fig. 325.



Handelseisen zu Mingo Junction, Ohio [1]). Ein kontinuierliches Bandeisenwalzwerk zu Youngstown, Ohio, beschrieb P. Eyermann [2]).

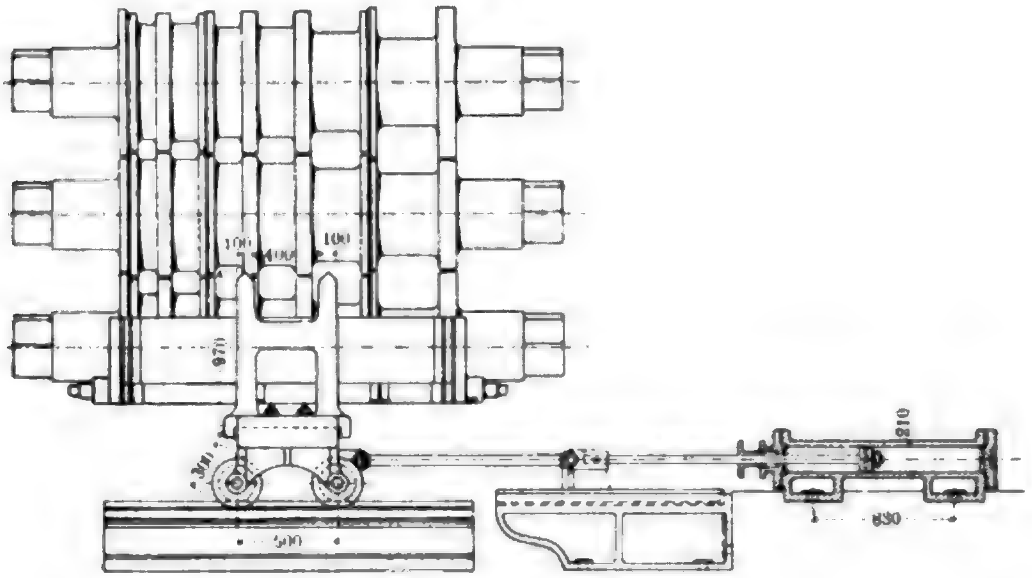
Leistungsfähige Blockstrafsen nach amerikanischem System bauten

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1900, S. 210.
[2]) A. a. O. 1900, S. 882.

Digitized by Google

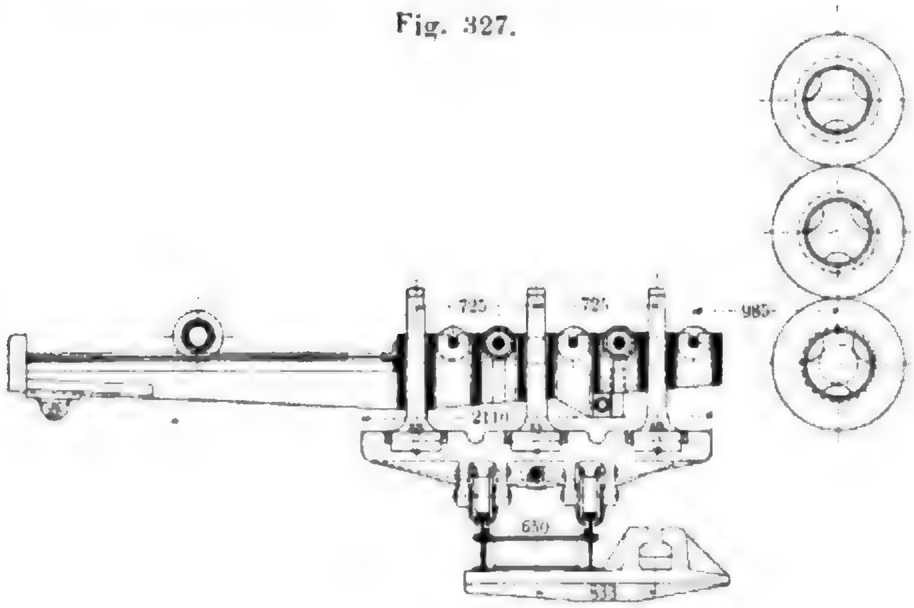
die Maschinenbau-Aktiengesellschaft vorm. Gebr. Klein in Dahlbruch und die Duisburger Maschinenbau-Aktiengesellschaft.

Fig. 326.



Die Fig. 326, 327 machen die Vorwärts- und Seitwärtsbewegung der Blöcke auf den Rolltischen und die hydraulische Umkantevorrichtung bei dem Kleinschen Trio anschaulich.

Fig. 327.



McClure[1]) bewirkte die Verstellung der Walzenstellschrauben durch gezahnte Kegelräder, die durch einen Elektromotor angetrieben wurden (Amer. Pat. 557861).

1896 wurde auf den Stahlwerken von Mackintosh, Hemphill & Co. in Pittsburg eine Walzenreversiermaschine von 10000 P. S.

[1]) Stahl und Eisen 1896, S. 1019.

aufgestellt[1]), deren Cylinder 1270 mm Durchmesser und 1830 mm Hub haben. Die Maschine wog 362 400 kg, die Hauptwelle mit Zubehör 54 360 kg. Ein automatisches Walzwerk für Knüppel und Blechplatinen konstruierte Huber in Amerika; ein solches war 1898 auf dem Stahlwerke der Buhl-Stahlgesellschaft zu Sharon (Pa.) in Betrieb[2]). Derselbe nahm ein Patent (Amer. Pat. Nr. 605 669) auf zwei kombinierte Trios, deren Walzgut durch schwingende Rollentische von einem zum andern gehoben oder gesenkt wurde[3]).

Morgan[4]) in Worcester baute kontinuierliche Walzwerke mit einer Anzahl hintereinander stehender Gerüste, deren Walzen entsprechend rascher umliefen. Blöcke von 125 mm Dicke wurden in sieben Stichen, also in sieben Gerüsten zu Knüppeln von $37^1/_2$ mm heruntergewalzt. Sobald der Stab den letzten Stich verliefs, gelangte er unter eine Schere und wurde zu Knüppeln zerschnitten.

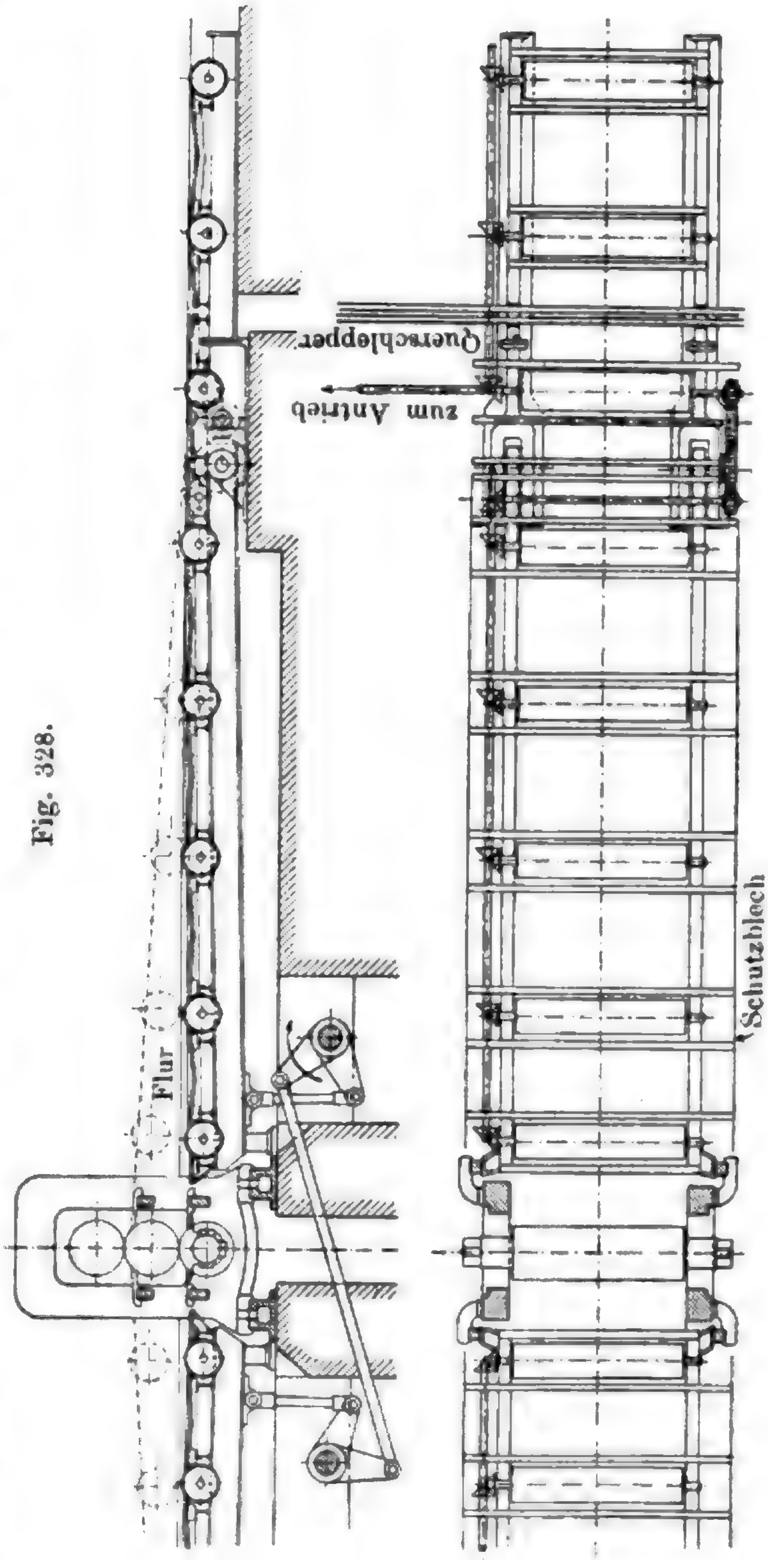


Fig. 328.

[1]) Iron Age, 5. November 1896; Stahl und Eisen 1897, S. 109.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1898, S. 712.
[3]) A. a. O. 1899, S. 41.
[4]) Siehe Stahl und Eisen 1898, S. 1033.

Digitized by Google

Henry Grey[1]) hat ein Trägerwalzwerk erfunden und in Duluth (U. S.) erbaut, das durch das Zusammenwirken von horizontalen und vertikalen Walzen die Profile bildet und Steg und Fufs einem gleichmäfsigeren Drucke aussetzt, als es bei dem gewöhnlichen Verfahren geschieht. Hierdurch können zweckmäfsigere Profile von gröfserer Tragkraft erzeugt werden. Dieses Walzverfahren fand Verbreitung.

Auch R. M. Daelen hat sich 1899 ein „Walzwerk mit hintereinander liegenden, abwechselnd horizontalen und vertikalen Walzen zum Strecken eines Metallstabes in mehr als zwei Kalibern gleichzeitig" patentieren lassen (D. R. P. Nr. 109435).

Elektricität als Triebkraft für Rollgänge, Schlepper, Scheren und sonstige Hülfsmaschinen der Walzwerke hat 1898 Max Meier zu Micheville-Villerupt in umfassender Weise in Anwendung gebracht. Zum Antrieb von Eisenwalzwerken ist die Elektricität bis jetzt (1900) noch nicht verwendet worden, wohl aber zum Antrieb eines Kupferwalzwerkes[2]).

Einen Hebetisch mit angetriebenen Rollen für schwere Triostrafsen, Fig. 328 (a. v. S.), an Stelle der gebräuchlichen Dachwippe hat H. Fahlenkamp in Schalke angegeben[3]). Schwingende, angetriebene Rollentische beschrieb auch G. von Bechen in Charleroi[4]).

In dem neuen Walzwerke der Maryland-Steel-Company zu Sparrows Point wurden die Bessemerblöcke direkt auf Wagen gegossen.

Die mechanische Bedienung der Walzwerke durch Rollgänge, bewegte Hebtische, Scheren u. s. w. hatte in den Vereinigten Staaten eine grofse Vervollkommnung erlangt, durch die eine erstaunliche Leistungsfähigkeit erzielt wurde. Es ist unmöglich, auf Details einzugehen. Als ein Beispiel führen wir die Walzwerksanlage in Duquesne, Pa.[5]), an, die mit fünf grofsen Dampfmaschinen und Walzenstrafsen mit zusammen 13 Gerüsten von vier einfachen Profilen, kurze Knüppel, lange, dünne Knüppel, Platinen und Lascheneisen, täglich rund 2000 Tonnen liefert.

---

[1]) A. a. O., S. 1034.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1898, S. 19.
[3]) A. a. O., S. 836.
[4]) A. a. O., S. 934.
[5]) Siehe Stahl und Eisen 1900, S. 732.

Digitized by Google

Eisenbahnschienen und -schwellen.

Die grofsen Verbesserungen der Walzwerke erhöhten die Leistung in den einzelnen Zweigen der Eisen- und Stahlverarbeitung, besonders der Formeisen-, Blech- und Drahtfabrikation.

Bei Formeisen kommt in erster Linie die Schienenfabrikation in Betracht. Bei dieser hatte sich der Flufsstahl glänzend bewährt und schon in den siebziger Jahren das Schweifseisen mehr und mehr zurückgedrängt. Nach Veröffentlichungen aus dem Jahre 1878 mufsten auf der Köln-Mindener Bahn nach 15-jähriger starker Benutzung ausgewechselt werden: Feinkornschienen 82 Prozent, eiserne 74 Prozent, Puddelstahlschienen 41,61 Prozent, Bessemerschienen 7,71 Prozent. Die Abnutzung der letzteren auf jeden Millimeter entsprach 6065000 Tonnen Bruttolast, ein sehr günstiges Resultat. Ähnliche Ermittelungen auf der Nicolaibahn in Rufsland ergeben für die Auswechselung von Feinkornschienen in 15 Jahren 76,7 Prozent, cementierte Schienen 63,3 Prozent, Puddelstahlschienen 33,3 Prozent, Bessemerstahlschienen 3,4 Prozent.

Nach Cox hielten auf der Philadelphia-Readingbahn Eisenschienen 180 Millionen Tonnen, Stahlschienen 484 Millionen Tonnen Güterverkehr (trafik) aus.

Nach den Beobachtungen von Baurat Rüppell[1]) in Köln betrug die durchschnittliche jährliche Auswechselung:

1868/72	1,58	Tausendstel auf die Gesamtmasse
1873/77	0,85	" " " "
1878/82	0,25	" " " "
1883/87	0,12	" " " "

In Rufsland durften seit 1875 nur Stahlschienen verlegt werden. In den Vereinigten Staaten waren 1873 nur $^1/_6$ Stahlschienen, 1883 dagegen $^{19}/_{20}$. Der Preis war in dieser Zeit von 108 auf 30 Dollar pro Tonne gesunken.

Überhaupt waren Stahlschienen nur noch wenig teurer als Eisenschienen. Im September 1876 wurden in Deutschland Stahlschienen für 155,50 Mark die Tonne vergeben; Puddelstahlschienen waren teurer als Bessemerstahlschienen. Infolgedessen nahm der Verbrauch von Flufsstahlschienen von Jahr zu Jahr zu. Beispielsweise betrug derselbe in Frankreich:

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1890, S. 68, 125.

Digitized by Google

	Eisenschienen Tonnen	Stahlschienen Tonnen
1871	122 504	32 447
1875	120 546	174 658

Für die chemische Zusammensetzung der Stahlmasse für Schienen wurden um 1880 verschiedene Normalzusammensetzungen angegeben, so von

	Kohlenstoff	Silicium	Phosphor	Mangan	Schewfel
Dr. Dudley in den Vereinigten Staaten . .	0,3	0,04	0,1	0,35	—
Pourcel in Frankreich	0,50 bis 0,45	0,02	0,08 bis 0,1	0,9 bis 1,1	0,05
Snelus in England . .	0,35	0,10	0,075	0,75	—

Von noch gröfserer Wichtigkeit waren die Festigkeitsvorschriften, welche die Eisenbahnverwaltungen den Lieferungen zu Grunde legten. Für die Festigkeit war die Zerreifsprobe, für die Zähigkeit die Querschnittsverminderung bei dieser und die Schlagprobe mafsgebend. Die Lieferungsbedingungen für Stahlschienen waren für Preufsen durch eine Ministerialverfügung vom 29. September 1879 festgesetzt worden[1]). Die deutschen Eisenbahnverwaltungen verlangten[2]) Anfang der achtziger Jahre bei der Zerreifsprobe pro Quadratmillimeter:

absolute Festigkeit	50	bis	65 kg
Kontraktion	35	„	20 Prozent,

so dafs die Summe beider Ziffern (Wertziffer) die Zahl 85 ergeben sollte.

In den meisten Ländern galt damals noch der harte Bessemerstahl als bestes Material für Eisenbahnschienen. Die Verwendung des Flufsstahls beeinflufste den Betrieb der Schienenwalzwerke. Es erwies sich als vorteilhafter, stärkere Stahlblöcke möglichst in einer Hitze zu mehrfachen Schienenlängen auszuwalzen, anstatt kleine Blöcke, entsprechend den Schweifspaketen der Eisenschienen, für eine Schienenlänge zu verarbeiten, obgleich dazu viel gröfsere Kraft nötig war. So walzte man erst doppelte, dann dreifache und seit Anfang der

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1882, I. Bd., Anhang S. 23.
[2]) Daselbst 1882, März.

Digitized by Google

achtziger Jahre vierfache Schienenlängen. Letzteres geschah zuerst in Amerika auf den Scranton-Eisenwerken. Hier walzte man 1883 mit Hülfe Gjersscher Durchweichungsgruben 85 Prozent der Schienenproduktion direkt aus der Gieſsgrube in einer Hitze zu vierfachen Vignoles-Schienen von 120 Fuſs Länge aus. Man machte auch deshalb längere Schienen, um weniger Stöſse zu bekommen; so verlegte man 1876 auf der Lyon-Mittelmeerbahn Schienen von 12 m Länge. Durch die gröſsere Haltbarkeit der Stahlschienen ging der Bedarf für Erneuerung seit Anfang der siebziger Jahre bedeutend zurück. Die Form der Schienen war sehr verschieden. 1876 verwendete man in Deutschland 92 verschiedene Profile. Vorschläge von Pollitzer, Heusinger von Waldegg und Winkler zur Herbeiführung eines einheitlichen Normalprofils hatten keinen Erfolg. Gegen Ende der siebziger Jahre kamen eiserne Schwellen anstatt Holzschwellen mehr in Aufnahme, wodurch der Bedarf an Walzeisen eine weitere Steigerung erfuhr. Die Zahl der Konstruktionen oder Systeme war eine groſse. Sie zerfielen in Längs- und Querschwellen, oder ununterbrochene oder unterbrochene Schienenunterstützung.

Von Längsschwellen verwendete man schon um 1870 ein System Hilf auf den nassauischen Bahnen und ein ähnliches auf der rheinischen Bahn. 1875 waren in Österreich die Konstruktionen von Hohenegger und de Serres-Battig und von Hendl im Arlbergtunnel, in Bayern die von Menne; in Deutschland wurden auſser den genannten die von Hartwich, Freudenberg, Heusinger von Waldegg, Scheffler, Daelen, Köstlin und Battig und von Winkler teils versucht, teils eingeführt. Haarmanns Langschwellenoberbau wurde zuerst 1878 auf der Strecke Osnabrück-Wissingen verlegt. Von Querschwellensystemen, die namentlich in den auſserdeutschen Ländern vorgezogen wurden, nennen wir die älteren von Vautharin in Frankreich, von Coijins und Legrand in Belgien, sodann die von Webb in England, von G. Post in Holland (seit Mitte der achtziger Jahre), von Küpfer in der Schweiz, von Atzinger in Österreich, von Hendl und Hoesch-Lichthammer in Bayern, von Hilf, Haarmann, Schülke u. a. in Deutschland. Haarmanns[1]) Querschwellenoberbau mit guſseisernen Sattelstücken wurde zuerst 1879 in Holland und Ruſsland, derselbe mit Hakenplattenbefestigung zuerst 1882 auf der Berlin-Görlitzer Bahn verlegt. Haarmanns zweiteilige Schwellenschienen mit versetzten Stoſsfugen wurden 1883

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1890, S. 653.

Digitized by Google

auf der Georgs-Marienbahn eingeführt. Auch bei den Schwellen ging man zur Verwendung des Flufseisens über.

Ende 1888 waren in Deutschland schon 10632558 Stück Querschwellen verlegt; in England nur 70 Meilen (113 km), dagegen in Britisch-Ostindien 9244,5 Meilen, in Holland 517,05 km, in Belgien 185,85 km, in der Schweiz 639,4 km, in Algier 202 km und in Australien 290 km. Die eisernen Schwellen empfahlen sich überall da, wo Holzschwellen teuer oder nicht haltbar waren.

Nach einer Aufstellung von E. Russel Tratman von 1890 betrug die gesamte Bahnlänge mit eisernem Oberbau damals 39900 km (= 13,21 Prozent der Eisenbahnen der Erde), davon hatten 5850 km Langschwellen, 17800 km Querschwellen. Auf Deutschland entfielen 14139 km (etwa ein Drittel), auf Grofsbritannien nur 113 km, dagegen auf Britisch-Ostindien 14850 km, auf Südamerika 6098 km, auf Afrika 2077 km.

Nach Einführung der Stahlschienen hatte man anfänglich danach gestrebt, das Schienengewicht zu verringern, so z. B. in Preufsen von 37 auf 33 kg pro laufenden Meter. Dies erwies sich aber als unvorteilhaft. Die stärkere Inanspruchnahme verlangte auch einen stärkeren Oberbau. C. B. Sandberg in London empfahl 1886 eine schwere Schiene mit breitem Kopf und schmalem Fufs, die in flufseisernen Unterlagsplatten befestigt war. Diese sogenannten Goliathschienen, wovon der laufende Meter 52 kg wog, wurden zuerst im März 1887 von Cockerill in Seraing gewalzt und in Belgien mit gutem Erfolg eingeführt. Daraufhin erhöhte man auch in Frankreich und Amerika das Schienengewicht, beispielsweise auf der französischen Nordbahn auf 43 kg pro laufenden Meter, dann auf der Paris-Lyon-Mittelmeerbahn auf 47 kg. In England hatte man schon früher Schienen von 40 bis 45 kg Gewicht pro laufenden Meter eingeführt.

Die guten Erfolge, welche man Ende der achtziger Jahre mit dem weicheren Flufsstahl von dem Siemens-Martin- und dem Thomasprozefs erzielt hatte, veranlafsten die preufsische Regierung und andere deutsche Eisenbahnverwaltungen, die untere Grenze der Zerreifsfestigkeit für Schienenmaterial von 50 auf 45 kg pro Quadratmillimeter herabzusetzen, indem man gleichzeitig die Vorschriften über die „Wertziffer“, d. h. die konstante Summe der absoluten Festigkeit und der prozentualen Querschnittsverminderung beim Zerreifsen fallen liefs.

Seit Anfang der achtziger Jahre wurde Thomasflufseisen für Eisenbahnschienen verwendet, so z. B. 1882 auf der Gotthardbahn. Das anfängliche Vorurteil gegen das neue Material schwand mit der zu-

Digitized by Google

nehmenden Erfahrung: natürlich mufste auf Reinheit und Gleichmäfsigkeit des Flufseisens, dessen Phosphorgehalt 0,1 Prozent nicht übersteigen durfte, gesehen werden. Die deutschen Eisenbahnverwaltungen verlangten deshalb Probeabnahme von jeder Charge.

Seitdem durch Darbys Rückkohlungsprozefs auch die Möglichkeit, dem Thomasflufseisen eine beliebige gröfsere Härte zu erteilen, gegeben war, lag kein Grund mehr vor, dasselbe als Schienenmaterial zu beanstanden. Dennoch geschah dies in Österreich-Ungarn bis 1895, wogegen sich Professor Tetmajer in einem vorzüglichen Gutachten[1]) wendete. Er wies an zahlreichen Erfahrungen, besonders auch auf Schweizer Bahnen, die Vortrefflichkeit der Eisenbahnschienen aus Thomas-Flufseisen nach. Als Durchschnittsgehalt derselben auf Schweizer Bahnen giebt er an: Kohlenstoff 0,263, Silicium 0,09, Mangan 0,762, Phosphor 0,073, Schwefel 0,043 Prozent. Die Grenzen der Zugfestigkeit und Dehnung betrugen im Mittel für erstere 57,9 bis 64,9 kg pro Quadratmillimeter, für letztere 22,9 bis 39,9 Prozent. Im Vergleich mit Bessemerstahlschienen zeigten die aus Thomasflufseisen auffallend wenig Bruch im Betriebe.

Die Frage, ob für die Schienenfabrikation Zweiwalzenstrafsen mit Reversiermaschinen oder Dreiwalzenstrafsen vorzuziehen seien, wurde vielfach erörtert. Ein Trio hat in derselben Zeit eine gröfsere Produktion. Kann es kontinuierlich betrieben werden, so ist es auch ökonomisch vorteilhafter, ist dies aber nicht der Fall, so veranlafst das Leerlaufen unnützen Dampfverbrauch und ist in diesem Falle der Betrieb mit Reversiermaschine vorzuziehen.

Die Produktion der Schienenwalzwerke erfuhr eine enorme Steigerung durch die mechanische Bedienung, die besonders in den Vereinigten Staaten von Nordamerika ausgebildet wurde[2]). Das neue Schienenwalzwerk der Edgar Thomson-Stahlwerke walzte im Oktober 1894 36200 Tonnen Schienen und in einer 24 stündigen Schicht 1945 Tonnen, dabei war die Produktion nur durch die Leistungsfähigkeit des Stahlwerks beschränkt.

Welche Bedeutung und welchen Umfang der Bedarf an Eisenbahnschienen für die Eisenindustrie erlangt hatte, wird man aus nachfolgenden Tabellen, in denen die Zunahme der Eisenbahnlinien der Erde von Anfang an, besonders aber seit 1876 zusammengestellt ist, erkennen.

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1895, S. 179.

[2]) Die bekanntesten Beispiele dafür lieferten das neue Schienenwalzwerk der Edgar-Thomson-Stahlwerke, siehe Stahl u. Eisen 1897, S. 183, und das zu South Chicago, siehe Stahl u. Eisen 1898, S. 1023.

Digitized by Google

I. Entwickelung des Eisenbahnnetzes der Erde 1840 bis 1885 von fünf zu fünf Jahren.

Länder und Erdteile	1840	1845	1850	1855	1860	1865	1870	1875	1880	1885
Deutschland	350	1 970	5 781	7 671	10 805	13 717	18 808	28 142	33 109	37 572
Österreich-Ungarn	143	736	1 510	1 994	4 477	5 697	9 454	16 617	16 790	22 613
Grofsbritannien	2141	3 768	10 142	13 406	16 792	21 312	24 692	26 870	28 693	30 862
Frankreich	437	870	3 008	5 532	9 441	13 592	17 762	21 587	24 440	32 491
Rufsland	27	48	500	1 166	1 590	3 910	11 220	18 578	22 441	26 847
Übrige Länder Europas	—	1 780	2 821	4 207	7 895	15 811	21 810	30 557	36 367	45 311
Europa	3098	9 162	23 766	34 027	51 000	74 089	103 744	142 351	161 840	195 696
Vereinigte Staaten	4534	7 455	14 515	29 563	49 291	56 452	85 112	119 328	—	207 508
Übrige Länder Amerikas	1000	2 306	3 616	4 922	6 228	6 283	10 146	14 562	—	41 365
Amerika	5534	9 761	18 131	34 485	55 519	62 735	95 258	133 890	171 688	248 873
Asien	—	—	—	251	1 397	5 568	8 526	12 154	15 958	22 285
Afrika	—	—	—	—	446	837	1 773	2 339	4 652	7 032
Australien	—	—	—	33	261	825	1 808	3 079	7 444	12 947
Ganze Erde	8632	18 923	41 897	68 796	108 626	144 054	211 109	293 813	367 835	486 833

Digitized by Google

II. Entwickelung des Eisenbahnnetzes der Erde von 1886 bis 1895[1]).

Länder und Erdteile	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895
Deutschland	38 524	39 785	40 826	41 793	42 869	43 424	44 177	44 842	45 462	46 413
Österreich-Ungarn	23 390	24 705	25 767	26 587	27 113	28 066	28 357	29 160	30 038	30 046
Grofsbritannien	31 105	31 501	31 578	32 088	32 297	33 487	32 703	33 219	33 641	33 648
Frankreich	33 345	34 227	35 258	36 370	36 895	37 949	38 615	39 357	39 979	40 199
Rufsland	27 355	28 517	29 432	30 159	30 957	31 071	31 626	33 451	35 560	37 746
Italien	11 387	11 689	12 351	12 807	12 907	13 139	13 673	14 184	14 626	14 944
Spanien	36 340	37 838	38 780	39 909	40 831	10 255	10 894	11 435	12 147	12 147
Schweden						8 279	8 461	8 782	9 234	9 755
Belgien						5 307	5 438	5 473	5 545	5 545
Übrige Länder Europas						18 098	18 343	18 650	19 068	24 456
Europa	201 446	208 262	214 292	219 703	223 869	228 075	232 317	238 553	245 300	249 899
Vereinigte Staaten	222 010	241 210	251 292	259 687	268 409	274 551	281 221	286 183	288 460	292 431
Britisch Amerika	18 540	19 842	20 442	21 439	22 533	22 928	23 925	24 172	25 371	25 371
Mexiko	27 449	39 250	32 331	36 756	40 475	10 025	10 660	11 112	11 249	11 469
Brasilien						10 281	10 281	12 000	12 064	12 064
Argentinien						12 353	13 134	13 450	13 961	14 312
Übrige Länder Amerikas						12 089	12 982	13 498	13 870	14 039
Amerika	267 999	291 302	304 065	317 882	331 417	342 227	352 230	360 415	364 975	369 686
Britisch Indien	—	—	—	—	—	27 808	28 590	29 400	30 220	31 226
Übrige Länder Asiens	—	—	—	—	—	7 728	8 777	9 388	11 750	12 053
Asien	24 409	26 947	28 691	31 589	33 724	35 536	37 367	38 788	41 970	43 279
Afrika	7 640	8 002	8 541	8 866	9 386	10 496	11 607	12 384	13 103	13 143
Australien	14 384	15 543	17 008	17 922	18 889	19 828	20 416	21 030	22 202	22 349
Ganze Erde	515 878	550 056	572 570	595 962	617 285	636 162	653 937	671 170	687 550	698 856

[1]) Die weiteren Angaben folgen später.

Digitized by Google

Nach vorstehenden Tabellen betrug die Länge der Eisenbahnlinien der Erde im Jahre 1890 617 285 km, das ist etwa die 15½fache Länge des Erdäquators (49 070 km) und die 1⅔fache der mittleren Entfernung des Mondes von der Erde (384 420 km). Nehmen wir das Schienengewicht für den Kilometer zu 80 Tonnen an, so ergiebt sich ein Gesamtgewicht von 49 282 800 Tonnen oder rund 49 283 kt. Die gesamte Roheisenproduktion aller Länder der Erde betrug 1890 27 500 kt, die bei nur 20 Prozent Abgang einer Schienenmenge von 22 000 kt entsprechen würde. Es hätte also mehr als die zweijährige Eisenproduktion der Welt von der Höhe von 1890 dazu gehört, um das Schienennetz der Erde zu erneuern. Nehmen wir die jährliche Schienenerneuerung zu ½ Prozent an, so ergiebt sich ein Jahresbedarf von 247 kt. Für Neubauten betrug der Bedarf in der neunjährigen Periode von 1886 bis 1894 171 672 km × 80 Tonnen = 13 734 kt oder 1526 kt im Jahr. Der gesamte Schienenbedarf eines Jahres belief sich demnach auf 1973 kt, also nahezu 10 Prozent der Eisenerzeugung der Erde.

Die Anlagekosten des Eisenbahnnetzes der Erde Ende 1890 wurden rund auf 131 Milliarden Mark berechnet. Dies ergiebt durchschnittlich 212,10 Mark pro Kilometer.

Die Kosten der Bahnstrecken der einzelnen Länder waren aber sehr verschieden je nach den Preisen von Land, Material und Arbeit und nach der Schwierigkeit und Sorgfalt der Anlage; in Europa stellten sie sich am höchsten in Grofsbritannien, wo sich der Kilometer auf 555,763 Mark berechnete, am niedrigsten in Norwegen, wo der

Länder und Erdteile	Bahnlänge 1890 km	Flächengröfse qkm	Bevölkerung	Es entfallen auf 100 qkm km	Es entfallen auf 10000 Bewohner km
Deutschland	42 869	540 400	49 217 000	7,9	8,7
Österreich-Ungarn	27 113	676 700	42 682 000	4,0	6,2
Grofsbritannien	32 297	314 600	37 888 000	10,3	8,5
Frankreich	36 895	528 900	38 600 000	7,0	9,6
Rufsland	30 957	5 390 000	96 000 000	0,6	3,2
Italien	12 907	296 300	30 158 000	4,4	4,3
Übrige Länder Europas	40 831	2 019 200	64 007 000	2,0	6,5
Europa	223 869	9 775 600	358 552 000	2,3	6,2
Vereinigte Staaten	268 409	9 068 300	62 861 000	3,0	42,7
Britisch-Nordamerika	22 533	7 990 700	4 829 000	0,3	46,7

Digitized by Google

Kilometer nur 93,053 Mark kostete. In den Vereinigten Staaten von Nordamerika betrug der Aufwand für 1 km 165,657 Mark, während er in Australien sich sogar auf nur 54,493 Mark belief.

Über das Verhältnis der Eisenbahnen zu der Flächengröfse der wichtigsten Länder Europas und Amerikas im Jahre 1890 giebt vorstehende Tabelle Aufschlufs.

Blechfabrikation.

Auch die grofsartigen Fortschritte der **Blechfabrikation** in dieser Periode wurden hauptsächlich durch die Vervollkommnung des Walzwerksbetriebes und die Verwendung des Flufseisens an Stelle des Schweifseisens herbeigeführt. Übten diese Neuerungen am meisten auf die Herstellung der Grobbleche und Panzerplatten ihre Wirkung aus, so förderten sie doch auch die **Feinblechfabrikation** derart, dafs sie eine völlige Umwandlung der Betriebsweise herbeiführten. Die dünneren Bleche unterscheidet man als Feinbleche von 0,1 bis 1,0 mm und als Mittelbleche von 1 bis 4 mm Dicke. Für die Arbeit des Breitens der Blechplatinen hatte längst das Walzwerk den Hammer ersetzt. Der Hammer kam nur noch in einigen Gegenden zur Vorarbeit, dem Ausschmieden der Frischluppen, und zur Fertigarbeit, dem Ausschlagen der Blechbuschen, in Anwendung. In holzreichen Ländern, wie in Österreich, Schweden und im uralischen Rufsland, stellte man noch das Material für die Feinblechfabrikation mit Holzkohlen im Frischherde dar, wofür sich die Lancashire-Frischschmiede am besten bewährt hatte. Man blies mit warmem Wind, der in einer eisernen Windkammer, die das Feuer anstatt des Gewölbes überdeckte, erhitzt wurde. Gewöhnlich wurden zwei Feuer nebeneinander gelegt, deren Abhitze dann Vorwärmeräume zum Aufwärmen der Platinen und zum Glühen der Bleche heizte[1]. Die Frischfeuerluppe von etwa $2\frac{1}{2}$ Centner Gewicht wurde unter Dampf- oder Wasserhämmern[2] zu einem flachen Kuchen von 60 mm Dicke ausgeschmiedet, der dann in Stücke von etwa 20 kg zerteilt wurde. Diese Schirbel wurden ausgeschweifst und zu Platinen von 160 mm Breite ausgeschmiedet, die nach einer nochmaligen Schweifshitze ausgewalzt wurden. Das Ausheizen für ganz dünne Bleche ge-

[1]) Stahl und Eisen 1890, S. 775.
[2]) A. Kerpely, Das Eisen auf der Wiener Weltausstellung 1873, S. 155.

Digitized by Google

schah hierbei meist noch in Hollow-fires. Bei dem Auswalzen der Platinen wurde auf die Herstellung einer reinen, glatten Oberfläche besonderes Gewicht gelegt. Die Walzen liefen deshalb in Wasser. Das letzte Kaliber hatte harte Flächen, sodann passierte der Stab noch Polierwalzen, die mit Abschabern versehen waren und endlich wurde der rotglühende Stab in frischem Wasser abgeschreckt und mit Holzhämmern abgeklopft. Die Frischeisenbleche wurden besonders für dünne Weifs- und Senklerbleche verwendet und konnten bis zu Papierdünne gewalzt werden.

Bei der Herstellung der berühmten russischen Glanzbleche spielte der Hammer bei dem Fertigmachen ebenfalls noch eine Rolle. Das Verfahren dabei war nach John Percy[1]) um 1870 kurz wie folgt. Das Rohmaterial war bei kaltem Wind erblasenes Holzkohlenroheisen. Dieses wurde in Frischfeuern, häufiger aber in Puddelöfen gefrischt, die Luppen zu Flachstäben von 5 Zoll Breite und $1^1/_4$ Zoll Dicke ausgewalzt, die dann in Stücke von 29 Zoll Länge und etwa 15 Pfund Gewicht zerschnitten wurden. Diese wurden quergewalzt und in 12 bis 14 Durchgängen in Bleche von 29 Zoll im Quadrat ausgestreckt. Von diesen legte man drei Stück zu einem Pack übereinander, und walzte diese wieder zehnmal durch. Ehe dies geschah, wurden die Oberflächen mit einem Holzbesen abgekehrt, und gepulverte Holzkohlen zwischen die Blätter gestreut. Diese Bleche wurden sodann auf 28 × 56 Zoll beschnitten, jedes beschnittene Blech mit in Wasser angerührtem Birkenkohlenpulver bestrichen und dann getrocknet. Von diesen mit Kohle bestrichenen Blättern wurden 70 bis 100 zu einem Paket (Buschen) geformt, das in ein gröfseres Blech eingewickelt wurde. Dieser Pack kam in ein Hohlfeuer, in dem es, von langen Holzprügeln umgeben, bei sorgfältigem Luftabschlufs fünf bis sechs Stunden lang geglüht wurde. Sodann wurde es mit einer grofsen Zange herausgenommen und unter einen Hammer gebracht, wo es regelmäfsige Schläge in gleichem Abstand und parallel einer Kante von rechts nach links fortschreitend erhielt. Dies wurde etwa sechsmal wiederholt. Sodann wurden die Bleche, die wellenförmige Flächen zeigten, auseinander genommen, zwischen jedes ein glattes Blech gelegt und der so gebildete Buschen von 140 bis 200 Blatt unter einem Hammer mit breiter Bahn in zwei Durchgängen glatt gehämmert. Im ganzen erhielt ein fertiges Blech 2500 bis 3000 Hammerschläge. Alsdann wurde der Pack geöffnet, die heifsen Bleche

[1]) The manufacture of Russian sheet iron by John Percy, London 1871.

Digitized by Google

mit einem Besen gereinigt und in einem Gestell einzeln abkühlen gelassen. Diese Bleche wurden auf der Messe zu Nishnij-Nowgorod bis zu 500 Mark die Tonne bezahlt.

In den meisten Ländern und Gegenden war der Frischherdbetrieb durch den Puddelbetrieb verdrängt worden, so auch in Rufsland. Dies war überall der Fall, wo mit Steinkohlen gearbeitet wurde, also in England, Deutschland, Frankreich, Belgien und Nordamerika; selbst in Gebieten, wo man lange das Frischen mit Holzkohlen beibehalten hatte, wie im Siegerland und Sauerland.

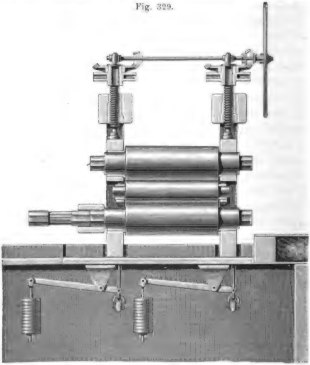
Ebenso war das Buschenwalzen, auch belgisches Walzverfahren genannt, fast überall durch das Doublierverfahren, Doppeln oder das englische Walzverfahren ersetzt worden, wobei man stärkere Zaggel auswalzte, diese dann, wenn sie eine gewisse Länge hatten, in der Mitte umschlug oder doppelte und weiter auswalzte und dieses je nachdem mehrfach wiederholte. Hierbei nahm man, wie bei den Buschenwalzen, zwei Platinen zugleich aus dem Wärmofen (Platinenofen) und walzte sie mittels der Vorstreckwalzen bis auf 1 mm Dicke herab[1]). Die so erhaltenen Strecker oder Sturzen wurden in der Mitte zusammengebogen und fest zusammengedrückt, was meist durch Schlagen mit Holzhämmern geschah. Der dadurch gewonnene „Doppler“ wurde sofort in einen zweiten Wärmofen, den Fertigofen, eingesetzt, gewärmt und unter den Fertigwalzen zum fertigen Blech oder zum zweiten Doppler gestreckt. In letzterem Falle mufsten die Bleche erst durchgeschnitten werden. Je nach der Dünne der Bleche wurde eins-, zwei-, drei- bis viermal gedoppelt und so aus einer Platine 2, 4, 8, 16 Tafeln gewonnen. Das Doublierverfahren, welches zwei Wärmöfen und zwei Walzgerüste erforderte, gab eine gröfsere Produktion und hatte den weiteren Vorteil, dafs die gedoppelten Bleche besser schlossen, also weniger oxydierten, weniger Glühspan oder „Zunder“ bildeten. Es eignete sich besonders für Frischeisen, das nicht zusammenschweifste, was bei Puddeleisen leicht vorkam. Dagegen war es nicht mehr gut anwendbar für Mittelbleche von gröfseren Abmessungen. Für diese war das Buschenwalzen vorzuziehen. Auch dünne Bleche bis zu 0,40 mm von über 2 m Länge bei 0,80 mm Breite walzte man besser eintafelig und zwar auf einem Lauthschen Triogerüste, Fig. 329, 330 (a. f. S.). Für die eigentlichen Feinbleche war dagegen das Schleppwalzen-Duosystem in Verbindung mit dem Doublieren am besten; dabei mufs das Walzen, um zunderfreie Bleche zu erhalten, möglichst kalt

[1]) Stahl und Eisen 1890, S. 856.

Digitized by Google

geschehen, aber ohne Wasserkühlung. Gute Hartwalzen und die Anbringung von zwei Druckschrauben für jeden Ständer waren dafür erforderlich. Ein dritter Wärmofen und ein drittes Gerüst als Reserve waren zur Beschleunigung und Erhöhung der Produktion zweckmäfsig. Statt des Abdrehens der Walzen in den Ständern mittels eines Dreh-

Fig. 329.



stahles mit Support bediente man sich öfter des Abschmirgelns mit Schmirgelscheiben, die ebenfalls in einem beweglichen Support befestigt waren.

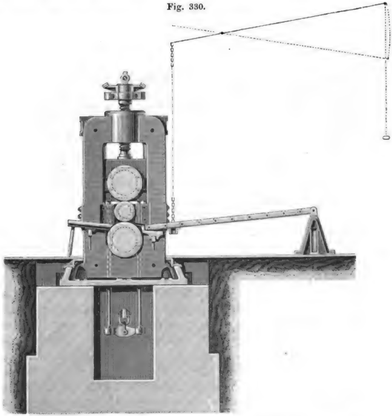
Nach dem Auswalzen wurden die Bleche ausgeglüht, und zwar die Handelsbleche, von denen eine blauschwarze Anlauffarbe verlangt wurde, an offenem Feuer, die zunderfreien und vorher gebeizten Bleche, besonders für Geschirr und Weifsblech, in geschlossenen Kästen. Die Bleche für die Weifsblechfabrikation kamen nach der Polierung ohne Glühung zur Weifsbeize. Hochpolierte Bleche wurden dadurch erhalten, dafs man sie nach dem Glühen in sogenannten Dressierwalzen dressierte, d. h. kalt drei- bis viermal durch hochfein polierte

Digitized by Google

Hartwalzen walzte. Zum Schneiden bediente man sich bei den dünnen Blechen bis höchstens 4 mm mit Vorteil der Circularscheren.

Ein anderer Fortschritt bei der weiteren Behandlung der Bleche war die Einführung der mechanischen Beizerei, durch welche ein viel gleichmäfsigeres Beizen erzielt wurde wie früher. Die Bleche standen

Fig. 330.



dabei aufrecht in aus Kupferdraht hergestellten Körben, welche in die grofsen mit verdünnter Salz- oder Schwefelsäure von 8° Baumé gefüllten Kästen eine ganz bestimmte, nach der Dicke der Tafeln wechselnde Zeit eingetaucht wurden. Die nachfolgende Entsäuerung geschah in Waschkästen, zu denen die Körbe mit den Blechtafeln durch einen Laufkarren gebracht wurden.

Wir hatten oben erwähnt, dafs die Verarbeitung von Holzkohlen-

frischeisen trotz seiner Vorzüge abgenommen hätte. An seine Stelle war zunächst das Puddeleisen getreten; dasselbe war billiger, aber nicht von derselben Güte wie jenes. Durch eingemengte Schlacken zeigten die Bleche häufig Flecken, die namentlich bei der Weifsblechfabrikation störend hervortraten; aufserdem schweifsten die Tafeln beim Walzen leicht zusammen, was die Walzarbeit namentlich beim Doublieren erschwerte. Für Feinbleche kam deshalb fast nur das gepuddelte Feinkorneisen in Anwendung, welches aber höhere Herstellungskosten erforderte. Ein grofser Fortschritt war es deshalb, als man durch die Einführung des basischen Bessemerverfahrens, des Thomas-Gilchrist-Prozesses und des Martin-Siemens-Prozesses mit basischem Herd, ein weiches, gleichförmiges Flufseisen erzeugte, das sich zur Blechfabrikation, selbst für Feinbleche, vorzüglich eignete. Wohl hatte man den Bessemerstahl schon früher versuchsweise für Feinblech verwendet, aber dieses Material war auch in seinen weichsten Nummern noch zu hart, besonders für die Fabrikation von Geschirr- und Weifsblech, von denen grofse Weichheit und Zähigkeit verlangt wurde. Etwas bessere Resultate erzielte man mit Martinflufsstahl von dem sauren Prozefs um die Mitte der siebziger Jahre. Einer ausgedehnteren Verwendung dieser Flufseisensorten stand aber auch damals noch ihr hoher Preis im Wege, da dieselben nur aus bestem Rohmaterial hergestellt werden konnten. Dies änderte sich durch die Erfindung von Thomas-Gilchrist und die Einführung des basischen Futters im Martinofen. Hierdurch wurde ein weiches, homogenes und weniger kostspieliges Flufseisen erzeugt, das für die Feinblechfabrikation sehr geeignet war und deshalb seit Anfang der achtziger Jahre in raschem Siegeslauf die Verwendung von Holzkohlenfrischeisen und Feinkorneisen fast ganz verdrängte. Thomas-Flufseisen wurde anfangs seiner grofsen Weichheit wegen bevorzugt und bewährte sich besonders für Geschirr- und Weifsblech. Hierbei war allerdings blasiges Material gänzlich zu vermeiden. Anfangs glaubte man im Gufs kleiner Blöcke für die Blechfabrikation einen Vorteil zu finden. Dies hat sich aber nicht bewährt, indem gerade diese kleinen Blöcke oft Blasen enthalten. Trotz der gröfseren Kosten der Verarbeitung ist es vorteilhafter, Blöcke von grofsem Querschnitt zu verarbeiten, diese bis auf etwa 150 mm herabzuwalzen, in Stücke (Knüppel, „Klötzel“ in Österreich) zu schneiden, diesen eine saftige Schweifshitze zu geben und dieselben zu Platinen auszuwalzen. Dieser Umweg ist zwar kostspielig, liefert dafür aber auch ein ausgezeichnetes Material für die Feinblechfabrikation.

Digitized by Google

Ganz vorzüglich hat sich aber auch seit Ende der achtziger Jahre das durch den basischen Prozefs erzeugte Martin-Flufseisen erwiesen, welches im allgemeinen blasenfreier und, da es der kostspieligen Vorbereitung nicht bedarf, auch billiger für diese Verarbeitung ist.

Der Verlauf der Fein- und Weifsblechfabrikation aus Flufseisen ist jetzt im allgemeinen der folgende.

Die Gufsblöcke, deren Gröfse sich nach dem Bedürfnis und nach der Stärke der Blockwalzen richtet, werden in einem kräftigen Blocktrio mit mechanischer Bedienung in einer Hitze zu langen Flachstäben vorgewalzt. Diese kommen noch warm mittels Rollganges unter Scheren, wo sie zu Platinen zerschnitten werden, deren Länge sich nach der Breite des herzustellenden Bleches richtet. Die Platinen werden sodann der Breite nach durch Blechwalzen, Duo-Schleppwalzen, zu Blechen ausgewalzt. Diese werden im Wärmofen aufgewärmt und durch eine zweite Blechwalze geschickt, alsdann umgeschlagen (doubliert) und an dem unegalen Ende beschnitten. Hierauf wieder gewärmt, auf die doppelte Länge gewalzt und von neuem gedoppelt, was je nach der Dünne der herzustellenden Bleche nochmals wiederholt wird. Hierbei fafst der Walzer am Schlusse jedes Durchwalzens die gedoppelten Bleche mit der Zange und wirft sie mit einem besonderen Schwunge so auf den plattenbelegten Boden, dafs sich die Blechtafeln von einander lösen. Der Doppler ergreift sofort die gelockerten Bleche mit der Zange, biegt sie um, wobei er mit dem mit einem starken Holzschuh bekleideten Fufs hilft, drückt sie unter einer scherenartigen Hebelpresse fest zusammen und bringt sie dann unter die Schere, welche die unregelmäfsigen offenen Ränder abschneidet.

Die fertiggewalzten Bleche werden entweder als Schwarzbleche sortiert oder kommen zur Verzinnung in die mechanische Beize, wo sie, wie oben beschrieben, in Gitterkörben, von denen zwei an den beiden Enden einer horizontalen Eisenstange wie an einem Wagebalken hängen, einmal etwa sechs Minuten in der sauren Beize, dann ebenso lange in dem Waschwasser auf- und niederbewegt werden. Die gebeizten Bleche werden dann zu Haufen aufgeschichtet in starken, gufseisernen Glühkisten in einem Ofen ausgeglüht. Diese Glühkisten aus Gufseisen bestehen [1]) aus zwei Teilen, einem plattenförmigen Untersatz mit vier Füfsen und einem viereckigen, kistenartigen Deckel,

---

[1]) Auf dem Rasselstein bei Neuwied.

Digitized by Google

der ähnlich einer Käseglocke die Bleche dicht umschliefst und bedeckt. Zur völligen Dichtung dient noch ein Gemenge von Sand und Hammerschlag oder Eisenfeile. Der Glühofen ist ein viereckiger Kasten mit beweglichem Deckel, in den durch einen Kran je nach der Gröfse 1, 2 oder 4 solcher Kisten nebeneinander gesetzt werden. Der Ofen hat Gas-Regeneratorfeuerung. Nachdem die geglühten Bleche auseinandergenommen und geprüft sind, gelangen sie, ehe sie zum Verzinnen kommen, noch ein zweites Mal kurz in eine reinere Beize und sind dann zum Verzinnen fertig. Um sie vor Rost zu schützen, legt man sie in eine Kufe mit reinem Wasser. Hieraus nimmt sie der Verzinner und taucht sie zunächst in ein Gefäfs mit fast siedend heifsem Palmkernöl, um die anhaftende Feuchtigkeit zu verjagen und die Tafel einzufetten. Sodann gelangt sie zum Vorverzinnen in den ersten Zinntopf. Diese Operationen geschehen meist noch mit der Hand. Bei dem alten Verfahren[1]) hatte man vier Zinntöpfe nebeneinander, die das Blech durchlaufen mufste: 1. den Einbrennkessel, worin die erste Verzinnung mit gebrauchtem Zinn aus den folgenden Töpfen erfolgt; 2. den Bürsttopf, der die gleichmäfsige Verteilung der Zinndecke bezweckt; 3. den Waschtopf, in dem die durch das Bürsten entstandenen Perlen entfernt, aufgelöst, „abgewaschen" werden und 4. den Fetttopf, in dem mit reinstem Zinn die glänzende Oberfläche gegeben wird. An Stelle dieses umständlichen Verfahrens ist in neuerer Zeit fast überall die Schnellverzinnungsmethode mit Walzenkessel getreten. Hierbei geschieht meist die erste Verzinnung, das Einbrennen, in derselben Weise, wie angegeben. Um sehr gute Weifsbleche zu erhalten, kann man aber auch das alte Verfahren noch mit dem Walzenkessel verbinden. Das verzinnte Blech kommt bei dem abgekürzten Verfahren in ein zweites Gefäfs mit Fett und von da in den englischen Zinntopf (Walzenkessel), wo es zwischen drei, fünf oder mehr parallelen Walzen in das flüssige Zinn eingetaucht wird. Die Tafel gelangt dann durch ein unteres Walzenpaar nach oben und tritt zwischen den folgenden oberen Parallelwalzen fertig verzinnt heraus, wo es von einem Arbeiter abgenommen wird. Es folgt nun die Reinigung der Weifsblechtafel entweder mit der Hand oder mit der Maschine. Erst gelangt das noch heifse Blech in steil geneigter Stellung auf ein Gestell, um überflüssiges Fett und Zinn ablaufen zu lassen, dann wird es in drei Operationen zur Entfettung durch immer reinere Kleie hin und her gezogen und zuletzt mit Filz-

[1]) Vergl. Nic. Gärtner, Die Weifsblechfabrikation, und Stahl u. Eisen 1889, S. 552, 724, 944, 1006.

Digitized by Google

lappen abgeputzt. Dieselben Operationen vollführen rascher und sicher die Reinigungsmaschinen, von denen wir besonders die von Goes erfundene, von Främbs auf dem Rasselstein bei Neuwied mit Erfolg eingeführte erwähnen.

Der Verbrauch von Weifsblech erfuhr eine aufserordentliche Steigerung durch seine Verwendung als Packmaterial besonders für Konservenbüchsen. Davon entfiel der bei weitem gröfste Teil auf die Vereinigten Staaten. Den gröfsten Vorteil hiervon hatte zunächst noch England[1]), das diesen Fabrikationszweig fast monopolisiert hatte und dem es gelang, durch Steigerung seiner Produktion bis in die neunziger Jahre hinein, seine herrschende Stellung zu behaupten. Fast sämtliche Weifsblechfabriken Englands lagen in Südwales und Monmouthshire. 1862 zählte man 106 Walzwerke für diesen Zweck mit 50000 Tonnen Produktion, 1872 218 Walzwerke mit 120000 Tonnen, 1881 389 Walzwerke mit 245000 Tonnen Erzeugung, die in 6850000 Kisten verschickt wurden. 1881 betrug der inländische Verbrauch 62500 Tonnen, während fast die ganze übrige Produktion nach Amerika ging. Etwa drei Viertel des Weifsblechs wurden zu Büchsen verarbeitet.

Von der Weifsblechfabrikation in England bis zum Jahre 1883 ist kurz noch folgendes zu bemerken. Das Zinn, was dafür verwendet wurde, kam fast gar nicht mehr aus Cornwall, sondern aus Asien und Australien, zumeist von Banka und Billiton. 1856 hatte man bereits die erste Weifsblechplatte aus Bessemerstahl hergestellt, aber erst 1875 gelang es, das Flufseisen mit Erfolg anstatt des Holzkohleneisens in dieser Fabrikation zu verwenden und zwar war dies Flammofenflufseisen aus Siemens-Martinöfen. Am meisten kam Siemensflufseisen von Landore mit 0,05 bis 0,14 Prozent Kohlenstoff zur Verarbeitung. Dieses Eisen war in Siemens-Regenerativ-Flammöfen mit saurem Futter bei 8,5 Tonnen Einsatz aus eigenem, Cumberländer und schottischem Roheisen und Abfalleisen, wozu nach vier bis fünf Stunden 1200 bis 1500 kg Bilbaoerze gesetzt wurden, erzeugt. Zum Schlufs wurde etwas Spiegeleisen oder Ferromangan zugesetzt.

1883 trat dann basisches Flufseisen in erfolgreichen Wettbewerb. Beliebt war das in Clapp-Griffith-Konvertern erzeugte Eisen. Durch Anwendung des Flufseisens an Stelle des Schweifseisens war die Schwarzblechfabrikation wesentlich vereinfacht. Man veranschlagte

---

[1]) Siehe C. Trubshaw, Die Weifsblechfabrikation in England 1883, in Stahl und Eisen 1883, S. 473.

Digitized by Google

in England die Ersparnis durch geringeren Abbrand, weniger Glühspanbildung beim Walzen und weniger Ausschufsbleche auf 30 Prozent. Die Flufseisenbleche bedurften wegen ihrer glatten Oberfläche weniger Zinn, dagegen mehr Beizsäure bei der Weifsblechfabrikation. Das Verzinnen geschah nicht mehr mit der Hand, sondern mechanisch. Fünf gufseiserne Kästen standen nebeneinander, von diesen war der erste und der fünfte mit Petroleum oder Talg gefüllt, die drei mittleren mit flüssigem Zinn. Die zu verzinnenden Bleche passierten die fünf Kästen. Dies geschah nach den Patenten von Cookley und Maywood dadurch, dafs sie durch Walzen geführt wurden, um die Dicke der Zinndecke zu regeln und ein schönes Aussehen zu erzielen. Die fertigen Bleche wurden dann von Knaben mit Kleie und Schafsleder abgeputzt.

Zahlreiche Patente für die mechanischen Vorrichtungen bei der Weifsblechfabrikation wurden besonders seit 1889 genommen, von denen wir hier nur einige kurz anführen wollen.

1884 erfand Taylor eine Verzinnmaschine (D. R. P. Nr. 27180).

1887 nahmen Edwards, Lewis und Jones in England ein Patent (Nr. 17169) auf einen verbesserten Verzinnapparat, desgleichen Maskrey und Crumbin auf einen verbesserten Zinnherd (D. R. P. Nr. 41779), der aus zwei Abteilungen, dem Grob- und dem Walzkessel, bestand und bei dem der Transport durch das mit Fett bedeckte Metallbad vermittelst einer über Rollen geführten Mitnehmerkette und Führungsschienen geschah.

1888 liesen sich Brazier und Thompson einen Verzinnkessel patentieren (Engl. Pat. Nr. 14807). In dem Verzinnkessel von Adolph Gutersohn in Ford Road (D. R. P. Nr. 46857) wurden die Bleche in einem Durchstich durch drei hintereinander stehende Walzenpaare geführt.

Die Engländer J. Gl. Thomas und G. H. White nahmen 1889 ein deutsches Patent (D. R. P. Nr. 51446) auf ein Verzinnungsverfahren, dessen Princip darin besteht, dafs das Blech in einem einzigen Bogen durch zwei Zinnkessel von verschiedener Temperatur geführt wird. Der niedrigere Eintrittskessel ist mit hoch erhitztem Zinn gefüllt. Jeder Kessel hat besondere Feuerung und Führungswalzen.

Thomas Turner zu Marshalton (Delaware) schlug vor, das Scheuern der Schwarzbleche durch auf 200° C. überhitzte Dampfstrahlen, die in Winkeln von 30° auftreffen, zu vollziehen, während die Bleche durch zwei Walzenpaare gleichzeitig geführt werden. Das

Digitized by Google

Beizen der Bleche sollte unter Zuhülfenahme des elektrischen Stromes geschehen.

Putzmaschinen für das Weifsblech erfanden Jos. Klee in Schalke 1887 (D. R. P. Nr. 41270), James Abbott in Blaina 1889 (Engl. Pat. Nr. 10116).

Gutersohns Patent von 1889 (D. R. P. Nr. 46857) umfafste auch ein Verfahren zum Trocknen und Einfetten der Bleche. Er läfst das Blech durch eine Lösung von Ammoniakkarbonat mit Palmöl und dann durch drei Walzen gehen, eine Streckwalze, eine Gummiwalze, um die Feuchtigkeit abzuquetschen, und eine Walze mit elastischer Oberfläche, deren unterer Teil in Palmöl taucht, zum Einfetten. Von da kommen die Bleche in den Zinnkessel.

Bis 1890 beherrschte England den Zinnhandel noch fast ausschliefslich. Es produzierte 90 Prozent des gesamten Weifsbleches. 1889 betrug seine Produktion 430623 Tonnen; hiervon gingen 336692 Tonnen in 5559734 Kisten nach den Vereinigten Staaten. Dies änderte sich durch die McKinley-Bill von 1890, bezw. die Weifsblechklausel vom Juli 1891, die den amerikanischen Eingangszoll auf Weifsblech verdoppelte. Durch diesen Schutzzoll begann die Weifsblechfabrikation in den Vereinigten Staaten aufzublühen und nach wenigen Jahren zu grofsartigem Aufschwunge zu gelangen. Man nahm die englischen Einrichtungen zum Muster, führte aber mancherlei Verbesserungen in der Fabrikation ein.

Wie in anderen Betrieben, so stellten auch hier die Amerikaner Massenerzeugung und mechanischen Betrieb in den Vordergrund. Sie emanzipierten sich sofort von dem altmodischen Grundsatze, die Feinbleche in einzelnen kleinen Tafeln zu walzen, indem sie statt dessen lange, bandförmige Bleche walzten, diese beizten und verzinnten und hierauf erst mit Scheren in die gewünschten Längen zerschnitten.

Ein solches System liefsen sich David Evans und R. C. Alcott in Ausonia (Conn.) 1889 patentieren (Amer. Pat. 408832); ihre Vorrichtungen bestanden aus langem, horizontalem Tisch, Glättewalzen, Bürstenwalzen in einem Säurebehälter und Quetschwalzen in dem Zinnkessel. S. Y. Buckman, Philadelphia, führt nach seinem Patent von 1891 das Schwarzblechband zwischen Walzen der Beizpfanne zu, nach dem Austritt aus dieser wird es durch Bürsten mechanisch gescheuert, durch Spritzrohre abgewaschen, gelangt dann durch einen Trockenofen in einen Salmiakkessel, von da in einen U-förmigen Zinnkessel mit Walzenführung und von da durch Glättewalzen auf eine Trommel, auf der das fertige Weifsblechband aufgerollt wird.

Digitized by Google

Putzmaschinen für Weifsblech liefsen sich Powell und Williams (Pa.) und Sculier 1890[1]) (D. R. P. Nr. 55468), sowie Davies und Phillipps[2]) (Amer. Pat. Nr. 450929) und Andere patentieren.

Der Amerikaner D. Edwards, der sich eine Anzahl von Verbesserungen bei der Weifsblechfabrikation schützen liefs, erfand 1891 auch ein sinnreiches Verfahren, die einzelnen Bleche eines Buschens oder Stofses durch einen mit Saugnäpfen versehenen Greifer aufzuheben und durch den mit Walzen versehenen Zinnkessel auf den Rechen zu führen (D. R. P. Nr. 66736 und 68015).

Die Fortschritte der Weifsblechfabrikation in den Vereinigten Staaten kamen in der Weltausstellung zu Chicago 1893 deutlich zur Anschauung. Aufser den vorzüglichen mechanischen Verbesserungen ist dabei auch die rationelle Anordnung hervorzuheben. So erreichen die amerikanischen Fabriken eine Zeitersparnis, also Mehrproduktion dadurch, dafs sie die Kaltwalzen hinter die Heifswalzen stellen, während man sie in England nebeneinander anordnet. Das System des Bandwalzens an Stelle des Tafelwalzens wurde in Deutschland durch das früher schon erwähnte, von Direktor C. Wittgenstein in Teplitz erfundene und von der Märkischen Maschinenbaugesellschaft in Wetter durch Direktor Trappen ausgeführte, 1893 patentierte (D. R. P. Nr. 69671) Feinblechwalzwerk[3]) eingeführt. Der bis auf 50 mm Stärke vorgewalzte Flufseisenblock von 300 mm wird in einem Lauthschen Trio auf 5 mm Dicke vorgewalzt und dann in einer Hitze durch ein System von fünf hintereinander stehenden Duowalzen mit zunehmender Geschwindigkeit auf $1^1/_2$ bis 2 mm ausgewalzt[4]). Das Band von 14 bis 17 m Länge kommt direkt unter Scheren. Die Leistung betrug 1892 30000 kg Feinblech in 24 Stunden.

Nach einem Patent von H. Hewitt in Birmingham (Engl. Pat. Nr. 1414 vom 25. Januar 1892[5]) wurden zum Herunterwalzen dünner Bleche drei Walzenpaare in einem Gerüst so angeordnet, dafs die Tafel immer auf der Arbeitsseite austritt, um gleich wieder in die enger gestellten Walzen eingeführt zu werden. Ähnliches wollte Herm. Meyer in Düsseldorf (D. R. P. Nr. 65878 vom 23. Februar 1892) durch eine selbstthätige Umführung der Bleche mittels endloser Ketten mit einem Walzenpaar erreichen.

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1891, S. 421.

[2]) Daselbst 1891, S. 935.

[3]) Daselbst 1892, S. 999; Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1893, S. 307.

[4]) Zeitschr. deutsch. Ingen. 1893, S. 1242.

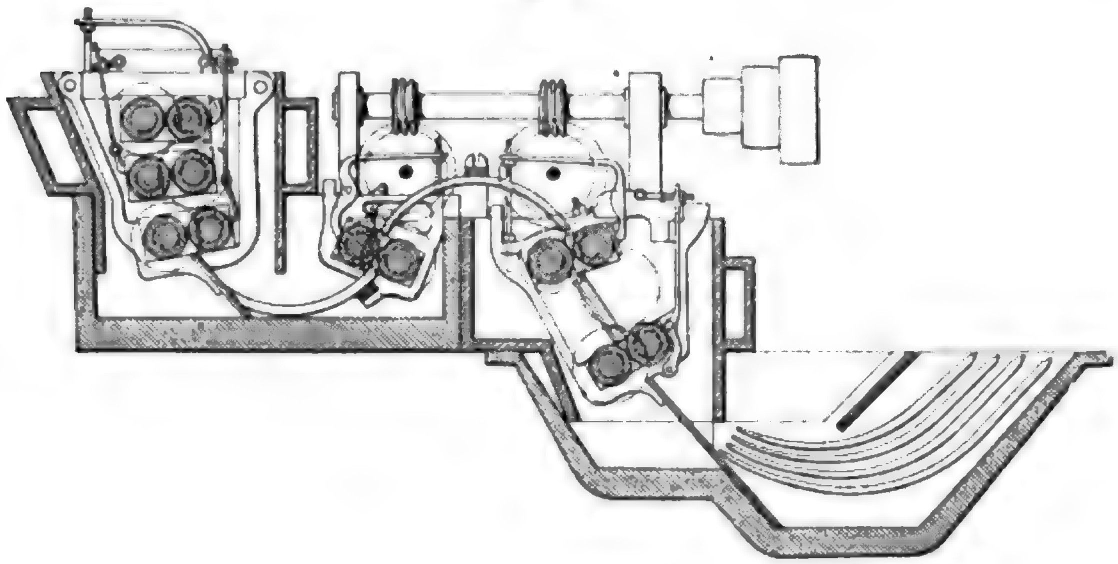
[5]) Siehe Stahl und Eisen 1893, S. 298.

Digitized by Google

Die Beiz- und Reinigungsvorrichtungen[1]) wurden ebenfalls in den Vereinigten Staaten verbessert und dem Grofsbetriebe angepafst. In der grofsen Weifsblechfabrik zu Demmler bei Pittsburg wurden 1893[2]) in einem Apparat nach dem System „Mesta“ in 12 Stunden an 1000 Kisten zu 49 kg gebeizt, wobei nur ein Mann und ein Junge erforderlich waren.

Sehr vervollkommnet wurden die mechanischen Verzinnungstöpfe, in denen die Verzinnung durch ein einmaliges maschinelles Durchführen durch den Apparat erreicht wurde. Fig. 331 zeigt den von der St. Louis Stamping Co. verwendeten Verzinnungstopf von Daniel

Fig. 331.



Edwards, Richard Lewis und Philipp Jones (Engl. Pat. vom 16. Mai 1887, Nr. 7139). Das Gefäfs rechts enthält Zinn, das folgende Fett, das dritte reines Zinn für die Vollenddecke, der vierte Raum über dem Zinn Fett. Die Töpfe werden durch unterhalb liegende Feuerungen erwärmt. Die Bleche werden in das erste Walzenpaar eingeschoben und nehmen dann von selbst den vorgeschriebenen Weg. In 10 Stunden können in einem Apparat 7200 Bleche, also etwa 64 Kisten, verzinnt werden. Die Taylor Co. in Philadelphia bediente sich eines von Taylor und Struve erfundenen Verzinnungstopfes[3]) (Amer. Pat. Nr. 453304), der als Taylor-Leyshons Verzinnungsmaschine auch in Europa Eingang fand.

---

[1]) Aufsatz von W. Strecken in den Verhandl. zur Beförderung des Gewerbefleifses 1887; Stahl und Eisen 1893, S. 978; 1897, S. 799.

[2]) J. von Ehrenwerth, Das Berg- und Hüttenwesen auf der Weltausstellung zu Chicago, S. 296.

[3]) Siehe von Ehrenwerth, a. a. O., S. 298.

Digitized by Google

Eine von Rogers & Player 1894 erfundene Verzinnungsmaschine[1]) (D. R. P. Nr. 56665), „The iron man" genannt, bedarf nur einen Mann zur Bedienung. Bei den Verzinnungsmaschinen von Taylor, Struve & Co. in Briton Ferry und von Player in Clydach werden die Bleche horizontal bogenförmig ein- und durchgeführt. Bei allen neueren Verzinnmaschinen kommt Palmfett und Zinkchlorid zur Verwendung.

Eine mechanische Vorrichtung zum Ausheben des Weifsblechs aus dem Zinnkessel erfand E. Norton in Maywood (Ill.) 1895 (D. R. P. Nr. 82897).

Zum Trennen der aufeinandergewalzten Schwarzbleche bedient man sich in Amerika einer von Williams & White erfundenen Maschine[2]) (D. R. P. Nr. 92346); zum Beizen eines der von David Grey in Maesteg, von Milbroock & Co. in Swansea und von Taylor & Struve in Briton Ferry patentierten mechanischen Beizverfahren. Das Putzen der Weifsbleche geschieht in Amerika ebenfalls nur durch Maschinen[3]).

Während die englische Weifsblechfabrikation in den neunziger Jahren zurückging, nahm die der Vereinigten Staaten rasch zu. Englands Erzeugung erreichte im Jahre 1891 den Höhepunkt mit 448379 Tonnen, dieselbe sank 1895 auf 366120 Tonnen.

Die Vereinigten Staaten, die 1891/92 nur 5803 Tonnen Weifsblech dargestellt hatten, erzeugten 1897 260711 Tonnen, dementsprechend sank die englische Einfuhr nach Nordamerika und zwar von 535143 Tonnen im Jahre 1891 auf 113046 Tonnen im Jahre 1895/96.

Die Herstellung von verzinkten, sogenannten galvanisierten Blechen[4]) hat ebenfalls sehr zugenommen. Die gewellten Bleche waren meistens galvanisiert.

Für die verzinkten Bleche nahm man ordinärere Schwarzbleche und gröfsere Tafeln. Dementsprechend waren die Beizbottiche und die aus Schmiedeeisen gefertigten Verzinkungskästen viel gröfser, als die entsprechenden Gefäfse bei der Weifsblechfabrikation. So waren beispielsweise 1881 die Verzinkungspfannen in Cleveland (Ohio) 2,5 bis 3,7 m lang, 0,61 m breit und 1 bis 1,3 m tief und fafsten 18 bis 25 Tonnen geschmolzenes Zink. Um die Oberfläche der verzinkten Bleche schön geflammt zu erhalten, setzte man dem Bade wöchentlich

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1898, S. 802, Fig. 3.
[2]) Daselbst 1898, S. 695 u. 800.
[3]) Daselbst 1898, S. 807.
[4]) Jern Kontorets Ann. 1881, Heft 8.

Digitized by Google

zwei Zinkblöcke zu. Das geflammte oder krystallinische Aussehen wurde auf die verschiedene Erstarrungstemperatur des alten unreinen und des zugesetzten reinen Zinns zurückgeführt.

Eine ganz neue Verwendung fand das Blech als sogenanntes Streckblech (expanded metal) für Betonbauten. Durch parallele Schnitte wurde das Blech zerteilt zu einem Netzwerk ausgezogen, was Drahtgewebe ähnlich war und dieses ersetzte. Es war eine amerikanische Erfindung[1]) von J. French Golding in Chicago (D. R. P. Nr. 84345 vom 29. August 1894), die aber auch in Europa rasch in Aufnahme kam. In Deutschland stellt die Firma Schüchtermann & Kremer in Dortmund dieses Streckmetall dar.

Sehr bedeutend waren die Fortschritte der Fabrikation der Grobbleche in dieser Periode, infolge der Verwendung des Flufseisens und der Verbesserungen der Walzwerke. Auch für sie war die Erfindung von Thomas-Gilchrist und die Einführung des basischen Verfahrens von hervorragender Bedeutung. Unter den Grobblechsorten waren es besonders Wellbleche, Schiffsbleche und Kesselbleche, die immer steigende Verwendung fanden. Bessemerflufsstahl war schon vor dem Jahre 1870 bei dieser Fabrikation verwendet worden, aber nur ausnahmsweise mit ökonomischem Vorteil. Die grofse Verbilligung des Flufseisens nach der Einführung des basischen Verfahrens bewirkte seit 1880 eine rasch zunehmende Verwendung des Thomas- und des basischen Martinflufseisens, so dafs diese auch hier den Sieg über das Puddelschweifseisen davontrugen und dessen Verbrauch für die Blechfabrikation mehr und mehr einschränkten. Bei der Dampfkesselfabrikation ging dieser Übergang nicht ohne Kampf vor sich. Das Flufseisenblech bot für die Verarbeitung manche Schwierigkeiten, die erst erforscht und überwunden werden mufsten. Es läfst sich schwieriger schweifsen, verträgt keine Bearbeitung in der Blauhitze und rostet leichter. Sein grofser Vorzug liegt bei blasenfreiem Material in seiner Homogenität. Man verlangte mit Recht von den Flufseisenblechen höhere Qualitätsziffern als von Schweifseisen. Nach der Stuttgarter Delegiertenversammlung des internationalen Verbandes der Dampfkessel-Überwachungsvereine im Juni 1890[2]) wurde dieselbe für Feuerbleche z. B. wie folgt festgesetzt:

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1898, S. 761 u. 826.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1890, S. 879.

	Zerreifs-festigkeit kg	Dehnung Prozent	Qualitäts-ziffer
Bei Schweifsblechen für Langfaser .	36	18	54
„ „ „ Querfaser .	34	12	46
„ Flufseisen für Langfaser } „ „ „ Querfaser } . . .	34 bis 42	mindestens 25	62

Ehe man das weiche Flusseisen kannte und nur höher gekohlte Bessemerstahlbleche verwenden konnte, waren die Festigkeitsziffern ganz andere gewesen. So verlangte man in Frankreich 1861 bis 1863 von Flufseisenkesselblechen eine Zerreifsfestigkeit von 60 bis 70 kg und 7 bis 10 Prozent Dehnung, während diese Zahlen 1885 von der französischen Marine auf 40 kg und 28 Prozent festgesetzt wurden.

In Deutschland teilte man damals die Flufseisenbleche in weiche von 37,6 kg, mittelweiche mit 39 kg und harte mit 45,45 kg Zerreifsfestigkeit. Die deutsche Marine forderte 1887 für Dampfkesselbleche noch eine Zerreifsfestigkeit von 42 kg, die aber dann besonders auf Betreiben Krupps auf 40 kg ermäfsigt wurde. Sehr hohe Anforderungen stellte die amerikanische Marine damals, die meistens mit Bessemerblechen zu thun hatte. Sie verlangte 45 kg Festigkeit bei 53 Prozent Kontraktion, modifizierte dieselben später

auf 49 kg Festigkeit bei 43 Prozent Kontraktion
oder 46 „ „ „ 50 „ „
„ 42 „ „ „ 55 „ „

Im allgemeinen haben sich besonders die weicheren Flufseisensorten, wie sie der Thomas-Gilchrist-Prozefs und das basische Siemens-Martin-Verfahren liefern, bei der Kesselblechfabrikation sehr bewährt und hat sich dadurch Deutschland nicht nur von der Überlegenheit Englands befreit, sondern Bleche erzeugt, die an Güte die altrenommierten Sorten von Lowmoor und Bowling erreichten oder übertrafen; besonders leisteten die rheinisch-westfälischen Werke, namentlich Piedboeuf, und das Borsigwerk in Oberschlesien hierin hervorragendes, so dafs z. B. schon 1884 Bleche des letztgenannten Werkes von England bezogen wurden. Ebenso zeichnete sich 1887 das Thomasblech von Peine durch seine Weichheit und Güte, die es dem Lowmoorblech ebenbürtig machte, aus. Nach der Veröffentlichung von J. Wild hatte es folgende Begleitbestandteile: Kohlenstoff 0,08, Phosphor 0,05, Mangan 0,40 bis 0,45, Silicium nur in Spuren,

Digitized by Google

Schwefel nicht über 0,03 bis 0,04 Prozent. Nach Wild ist Thomasblech mit 0,10 Prozent Kohlenstoff schon zu hart, mit 0,06 Prozent zu weich.

Nach Kreuzpointner hatte gutes amerikanisches Kesselblech aus Martinflufseisen, das aber keine Bearbeitung in der Blauhitze vertrug, folgende Zusammensetzung: Kohlenstoff 0,11 bis 0,17, Mangan 0,38 bis 0,55, Silicium 0,01 bis 0,05, Phosphor 0,03 bis 0,06, Schwefel 0,02 bis 0,03 Prozent.

Von den Fortschritten der Fabrikation erwähnen wir zunächst zwei, die zwar nur interessante Versuche geblieben sind, immerhin aber ein geschichtliches Interesse verdienen. Beide bezwecken, Blech direkt aus dem flüssigen Metall herzustellen.

Joh. Whitley wollte Schiffsbleche durch Centrifugalkraft herstellen [1]) und erbaute hierfür 1884 ein Werk bei Leeds. Sein Apparat bestand aus einem hohlen, rotierenden Metallcylinder, innen mit Ganister oder sonstigem feuerfesten Material ausgefüttert und glatt gestrichen. In diesen Cylinder liefs er Flufseisen durch hohle Röhren mit seitlichen Öffnungen einströmen. Durch die Centrifugalkraft verteilte sich das Metall an der Innenwand und bildete einen hohlen Cylinder, welcher zerschnitten und zu Schiffsblech ausgewalzt wurde. Dieser Betrieb wurde einige Zeit fortgesetzt. Die Idee des Hohlgusses durch Centrifugalkraft war bekanntlich nicht neu (s. Bd. IV, S. 109). Petin, Gaudet & Co. hatten ihn in Frankreich in den sechziger Jahren auch bereits auf den Gufs von Radbandagen aus Flufseisen angewendet, allerdings ohne Erfolg, weil sich die erhaltenen Bandagen nicht schmieden liefsen.

Das andere Verfahren, das gegen Ende der achtziger Jahre zahlreiche Versuche in den Vereinigten Staaten veranlafste, war die Herstellung von gewalztem Blech unmittelbar aus flüssigem Metall durch Eingiefsen zwischen Walzen. Diese Idee der Herstellung endloser Bleche direkt aus flüssigem Metall war durchaus nicht neu. Der grofse Erfinder Henry Bessemer hatte sie schon 1846 für Glas und Blei praktisch zu machen gesucht. Nachdem der pneumatische Prozefs und die Herstellung des Bessemerflufsstahls gelungen war, übertrug H. Bessemer seinen früheren Plan auf dieses Metall, indem er sich die direkte Darstellung von Blech und Stabeisen aus flüssigem Bessemereisen am 24. Januar 1857 (Pat. Nr. 221) patentieren liefs. Eine praktische Verwertung fand das Patent damals nicht.

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1884, S. 296, 374.

Digitized by Google

Derselbe Gedanke wurde in der Folge von anderen Erfindern aufgegriffen, so von James Robertson in seinem Patent vom 20. Dezember 1869 (Nr. 3677) und von James Clarke in zwei Patenten vom 12. Oktober 1870 (Nr. 2699) und vom 11. April 1871 (Nr. 953). Um die Mitte der achtziger Jahre machte Friedr. C. G. Müller in Brandenburg denselben Vorschlag für die Drahtfabrikation und sollen auch in Deutschland Versuche dieser Art damals gemacht worden sein. Mit Ernst wurde aber erst Ende der achtziger Jahre dieser Gedanke in den Vereinigten Staaten zur Ausführung gebracht. O. W. Potter zu Maywood bei Chicago erbaute ein Walzwerk für die Darstellung von Blech aus flüssigem Flufseisen, mit dem er in einer Minute 400 Fufs Blech von 6 bis 8 Zoll Breite und 0,015 Zoll Dicke herstellte. Die hohlen Walzen waren durch Wasser gekühlt. Das Walzwerk war mehrere Monate in Betrieb[1]).

Edwin Norton und John George Hodgson in Maywood (Illinois) liefsen sich ein Walzwerk zur Herstellung von Blech aus flüssigem Metall im Juli 1889 auch in Deutschland patentieren[2]) (D. R. P. Nr. 52002). Henry Bessemer empfahl darauf 1891 dieses Verfahren auch in England wieder[3]).

Von weit gröfserer praktischer Bedeutung war der grofsartige Aufschwung, welchen die Fabrikation und Verwendung von Wellblech in diesem Zeitraum nahm. Wellblech war schon in den fünfziger Jahren in England für Dachbedeckungen in Gebrauch gekommen[4]). Es wurde durch Pressung mit einem Stempel hergestellt. Aber schon am 13. Juni 1856 erhielt John Le Chapelaine ein Patent auf eine Art Walzwerk zum Wellen von Blechen, die als Träger dienen sollten (Engl. Pat. Nr. 1403). Eigentliches Trägerwellblech, bei dem die Wellenhöhe gröfser ist als die halbe Wellenbreite, wurde zuerst von der Firma Wesenfeld jun. 1875 in den Handel gebracht. C. L. Wesenfeld in Barmen nahm 1877 zwei deutsche Patente (D. R. P. Nr. 2469 und 2490) auf seine Wellblechpresse[5]).

Seit jener Zeit gewann die Wellblechfabrikation rasch an Umfang und Bedeutung. Anfangs wurde das gewellte Blech nur geprefst.

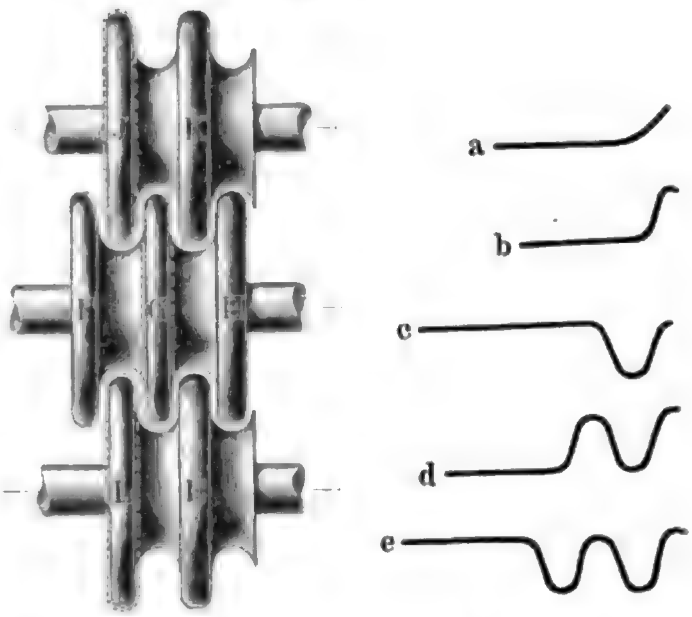
---

[1]) Siehe Engin. and Mining Journal 1889, p. 483.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1896, S. 637 mit Abbildung.
[3]) Siehe Iron 1891, p. 38, 309.
[4]) Siehe Dingler, Polyt. Journ. 1858, Bd. 149, S. 398.
[5]) Vergl. Otto Vogel, Über Fabrikation und Verwendung von Wellblech in Stahl und Eisen 1894, S. 538.

Digitized by Google

Es folgten in Deutschland die Wellblechpressen von R. Simony (D. R. P. Nr. 4238) und von Jacob Hilgers (D. R. P. Nr. 4238) 1878, von Paul Schröter in Neuwied 1879, von Thyssen & Co. in Mülheim a. d. Ruhr 1881 u. s. w. Anfang der achtziger Jahre begann man die Wellbleche durch Walzwerke herzustellen. Bei den ältesten waren die Walzen wellenförmig gefurcht und wurden allmählich nach jedem Durchgang des Bleches durch Senken der Oberwalze einander genähert[1]). Dann ging man zu Walzen über, die in ihrer Längsrichtung gewellt waren, in die das Blech seiner Breite nach eingesteckt wurde. Bei diesen wie bei den vorhergehenden liefsen sich nur geringe Wellentiefen erreichen; auch erforderte jedes andere Profil andere Walzen. Diesem Mifsstand begegnete Vital Daelen in Berlin 1882 dadurch, dafs er die Profile durch verstellbare Formringe herstellte (D. R. P. Nr. 19949). Mit drei Satz Formringen liefsen sich auf diese Art sämtliche gebräuchlichen Profile herstellen. Gottfried Kammerich in Berlin konstruierte 1883 ein Wellblechwalzwerk mit mehreren hintereinander liegenden Walzenpaaren.

Fig. 332.



Zur Herstellung sehr langer Bleche erfanden Ludwig Potthoff und Adolf Schiller 1884 ein Walzwerk (D. R. P. Nr. 31674), welches unter dem Namen Baroper Walzwerk bekannt wurde. Es besteht aus drei Walzen (Fig. 332), die so profiliert sind, dafs erst der Wulst *H* bei dem dritten Durchgang das richtige Profil des Wellblechs erzeugt. Das Blech wird von links nach rechts immer um das halbe Profil verschoben und zeigen *a*, *b*, *c*, *d*, *e* die fortschreitende Furchung des Bleches.

Zur Herstellung von Wellblechen beliebiger Länge und Breite konstruierte Fr. Moll 1887 eine Maschine (D. R. P. Nr. 42528), die mehr einem schweren Wagen, dessen Räder die Wellen einpressen,

[1]) So z. B. nach dem Patent von A. Bachmeyer in Berlin von 1882 (D. R. P. Nr. 19949).

Digitized by Google

ähnlich ist. Die gleichzeitig erzeugten Wellen liegen nicht nebeneinander, sondern in einem gewissen Abstand, der aber zur Wellenbreite in bestimmtem Verhältnis steht. Ein rationelles Walzwerk zum Biegen (Bombieren) von Wellblech erfand Adolf Hohenegger zu Karlshütte bei Teschen 1888 (D. R. P. Nr. 45919). Für das Walzen von Blechen mit hohen Rippen, Riffelblech, nahm C. Löhr in Meggen 1893 ein Patent (D. R. P. Nr. 68691). Das Wellblech wurde in der Regel verzinkt (galvanisiert). Nicht nur Dach- und Trägerblech wird gewellt, sondern auch starkes Kesselblech für die sogenannten Kesselschüsse zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen den Dampfdruck. Solche gewellte Kesselbleche verarbeitete z. B. die Firma Schultz, Knaudt & Co. in Essen schon Ende der siebziger Jahre und erfand dafür 1879 ein Bombierwalzwerk zum Biegen der Bleche (D. R. P. Nr. 11358).

In England stellte S. Fox in Leeds 1885 gewellte Dampfkessel-Flammrohre her. Das Kesselblech wurde erst gewellt und geschweifst, sodann wurden mit Ausnahme der Längsfugen der Schweifsnaht Rippen eingewalzt, welche die Widerstandsfähigkeit gegen Druck bedeutend — von 16 kg auf 71 kg pro Quadratcentimeter — erhöhten.

Zur Herstellung längsgewellter Kesselschüsse erfand A. Wulf in Berlin 1887 ein Walzwerk, während J. G. Lawrie für quergewellte Kesselschüsse ohne Naht ein Walzwerk mit Anwendung erhitzter Gufsformen einführte.

Für die Herstellung von Blechringen für Dampfkessel aus einem Stück ohne Naht war 1886 zu Barrow in England ein grofsartiges Walzwerk von 3000 Pfdekr. nach Art der Radreifenwalzwerke erbaut worden.

Was die Fortschritte der Formgebung bei den Schwarz- und Grobblechen im allgemeinen betrifft, so liegen diese wie bei der Feinblechfabrikation besonders in dem Walzen sogenannter endloser Bleche, die zerschnitten wurden, an Stelle des Walzens einzelner Tafeln. Dieser Gedanke war schon in dem obenerwähnten Patent von Sir H. Bessemer vom Jahre 1857 enthalten. Er liefs sich denselben 1879 von neuem in der Form, dafs das Auswalzen in einem einzigen Durchstich erfolgen sollte, patentieren[1]). Es geschah dies in der Weise, dafs die starken Platinen glühend auf die Breite der Bleche geschnitten und in Platten vorgewalzt wurden. Diese wurden in

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1887, S. 845.

Digitized by Google

Retorten gewärmt und dann in einer Hitze fertiggewalzt. Das Walzwerk hatte zwei Zubringewalzen. Die Oberwalze war verstellbar und wurde durch hydraulische Kolben, die in den Ständern angeordnet waren, gegen die mit Wasser gekühlten Lagerschalen angedrückt, dadurch wurde die in den unteren festen Lagerschalen liegende Walze mitgenommen. Hinter den Walzen befand sich ein rotierendes Scherenwerk.

Zum Glühen der Platinen und der Bleche wendete man in mehreren Gegenden, z. B. in Österreich, dem Siegerland u. s. w. Flammöfen mit Vorherden, die öfter über einem Teile des Glühherdes lagen, oder Doppelherde an.

Die Verbesserung der Walzwerke und Walzenzugmaschinen und die Verarbeitung schwerer Flufseisenblöcke ermöglichten die Herstellung starker Grobbleche von aufserordentlichen Dimensionen; so sah man 1873 in Wien Brückenblech von Reschitza von 55′ Länge, $12^{1}/_{2}''$ Breite, $3^{1}/_{2}'''$ Dicke. Gutehoffnungshütte zu Sterkrode hatte Kesselblech 17 m lang, 5,3 m breit, 9 mm dick, und Josse Coffin aus Clabesco (Belgien) Lokomotivrahmenblech $25^{1}/_{2}'$ lang, $3^{1}/_{2}''$ breit, $1^{3}/_{8}'''$ dick ausgestellt. Namentlich walzte man Grobbleche viel breiter wie früher; hierfür mufste die Ballenlänge der Grobblechstrafsen entsprechend vergröfsert werden. 1886 walzte man auf dem Borsigwerke in Oberschlesien mit Walzen von 3,50 m Ballenlänge Blechplatten von 7000 kg Gewicht sowohl aus Schweifseisen als aus Martinstahl. So schwere Walzwerke mufsten als Duo mit Umkehrung arbeiten, obgleich nach Stevensons Angabe (1886) Bleche, die auf in einer Richtung laufenden Walzen hergestellt waren, immer gleichmäfsiger sein sollten, als die auf Walzen mit Reversierkuppelung gewalzten. In den Vereinigten Staaten zog man auch deshalb für Grobbleche Triowalzwerke vor. Diese erforderten natürlich sehr starke Dampfmaschinen. Ein Musterwalzwerk dieser Art war 1892 das neue Blechwalzwerk von Wellman[1]), damals das breiteste Trio in Nordamerika. Es wurde nach Wellmans Angaben von der Garrison Foundry Co. in Pittsburg für die Wellman Eisen- und Stahlgesellschaft in Thurlow, Pa., gebaut. Die Ballenlänge betrug 3350 mm, der Durchmesser der Ober- und Unterwalze je 876 mm, der der Mittelwalze 508 mm. Als Antriebmaschine diente eine direkt wirkende, liegende Corlifsmaschine, deren Dampfkolben 1016 mm Durchmesser und 1770 mm Hub hatte. Das Schwungrad wog 50 Tonnen. Die Maschine machte 70 bis

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1892, S. 732.

Digitized by Google

80 Touren in der Minute. Man konnte auf dieser Strafse Bleche von $21\frac{1}{2}$ m Länge und 3200 mm Breite walzen. Die dazu gehörigen

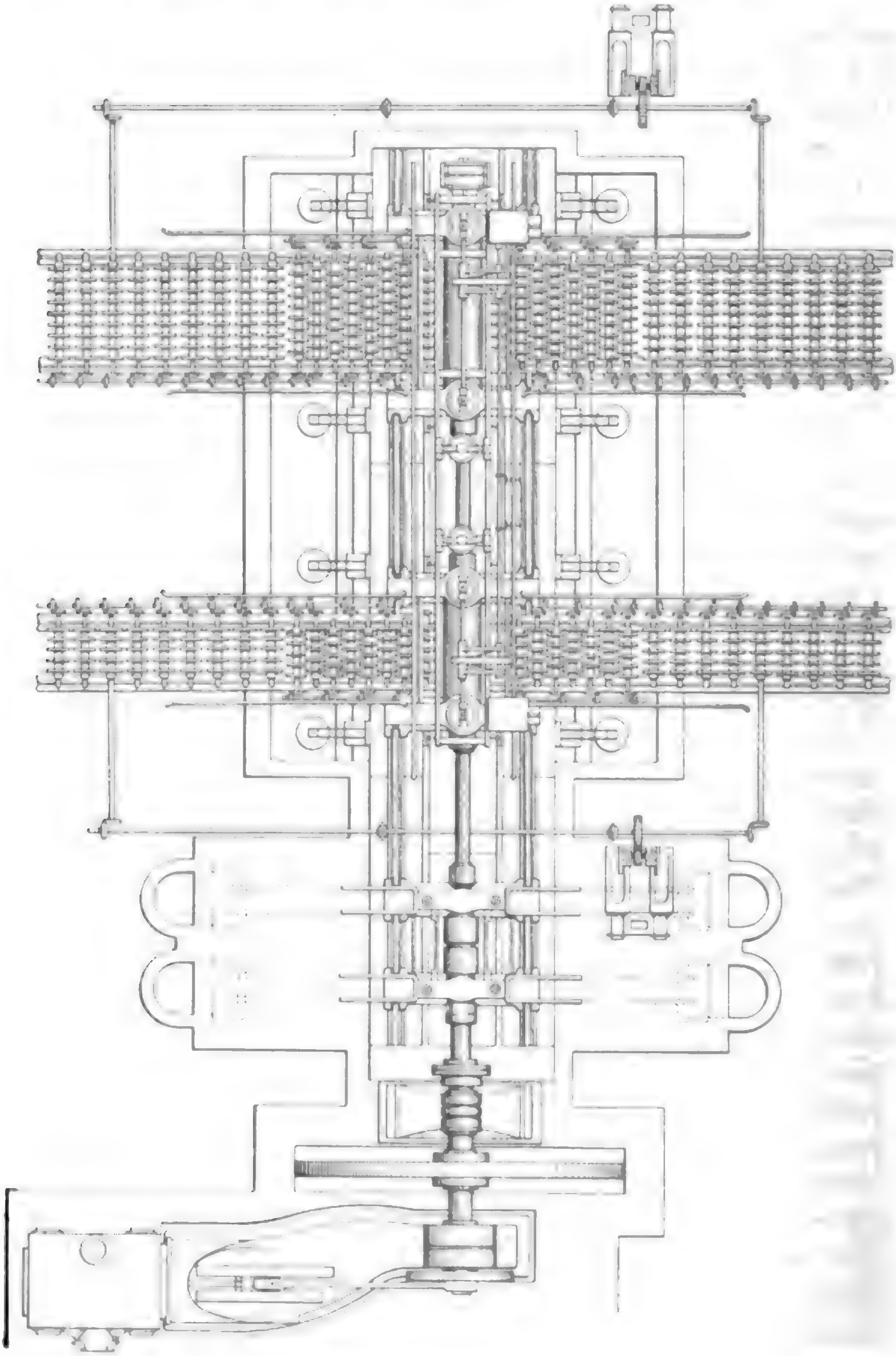


Fig. 333.

Digitized by Google

Regenerativwärmöfen[1]) wurden mit Tellerventilen gesteuert. Jeder Ofen hatte ein Ausbringen von 50 Tonnen in 12 Stunden. Dieses System wurde in den Vereinigten Staaten weiter ausgebildet. Das im Jahre 1896 vollendete neue Blechwalzwerk (Fig. 321 bis 323, S. 817, 818) der Illinois-Stahlgesellschaft, Südchicago[2]), galt damals als das gröfste und bestausgestattete Werk der Vereinigten Staaten. Seine Beschreibung lautete: „Die Walzenstrafse (Fig. 333) besteht aus zwei Lauthschen Triogerüsten; das erste Gerüst in der Nähe der Kammwalzen hat Walzen von 2286 mm Ballenlänge; die Ober- und Unterwalze haben 863 mm und die Mittelwalze 457 mm Durchmesser. Alle sind aus Hartgufs. Das zweite Walzgerüst hat Walzen von 3353 mm Länge. Die Ober- und Unterwalzen sind aus Stahl und haben 863 mm Durchmesser, die Mittelwalze ist aus Hartgufs und hat 533 mm Durchmesser. Das Walzwerk ist für Blöcke von 610 mm Dicke eingerichtet. Der Tisch handhabt mit Leichtigkeit Blöcke von 7 bis 8 Tonnen Gewicht. Der Antrieb erfolgt von einer Porter-Allen-Maschine, welche bei 1370 mm Cylinderdurchmesser 1925 mm Hub hat und ungefähr 60 Umdrehungen in der Minute macht. Die Blöcke werden von dem Stahlwerk aus mittels einer Schmalspurbahn in das Walzwerk und bis vor die Siemensschen Wärmöfen gefahren. Letztere werden durch eine elektrische hydraulische Beschickungsvorrichtung[3]) bedient. Diese Maschine nimmt die Blöcke aus den Öfen und bringt sie bis zum Ende der Tische, über welche sie auf Rollen gleiten. Nachdem die Blechtafel fertig gewalzt ist, wird sie durch angetriebene Rollen zum Kühlbett geschafft, auf welchem die Tafeln bewegt, gehoben und durch vier Wagen transportiert werden. Letztere laufen auf Schwebebahnen und werden von elektrischen Motoren, wie dies durch punktierte Linien im Grundrifs angedeutet ist, bedient. Wenn die Bleche angezeichnet und zum Beschneiden bereit sind, werden sie auf den Tisch hinter die Schere gelegt, in welche sie dann eingeschoben und nach Bedarf in kurze Stücke zerschnitten werden, während die Kanten auf einer der anderen Scheren zugerichtet werden. Der Raum um jene Scheren wird von zwei elektrischen Kränen von je 5 Tonnen Tragfähigkeit beherrscht. Dieselben dienen dazu, die Tafeln auf Eisenbahnwagen zu legen, welche auf einem am Ende des Gebäudes befindlichen Geleise zur Verladung bereit sind.

Die Anlage ist speciell zur Herstellung grofser Blechtafeln be-

---

[1]) Siehe Abbildung Stahl und Eisen, a. a. O.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1897, S. 185.
[3]) Vergl. Abbildung Stahl und Eisen 1897, S. 138.

Digitized by Google

stimmt, welche in viele kleinere Tafeln zerschnitten werden, wobei man einen grofsen Teil des Abfalls, der entstehen würde, wenn die Tafeln einzeln gewalzt würden, erspart. Die Werke besitzen kein Vorwalzwerk, die Bleche werden vielmehr unmittelbar aus den warmen

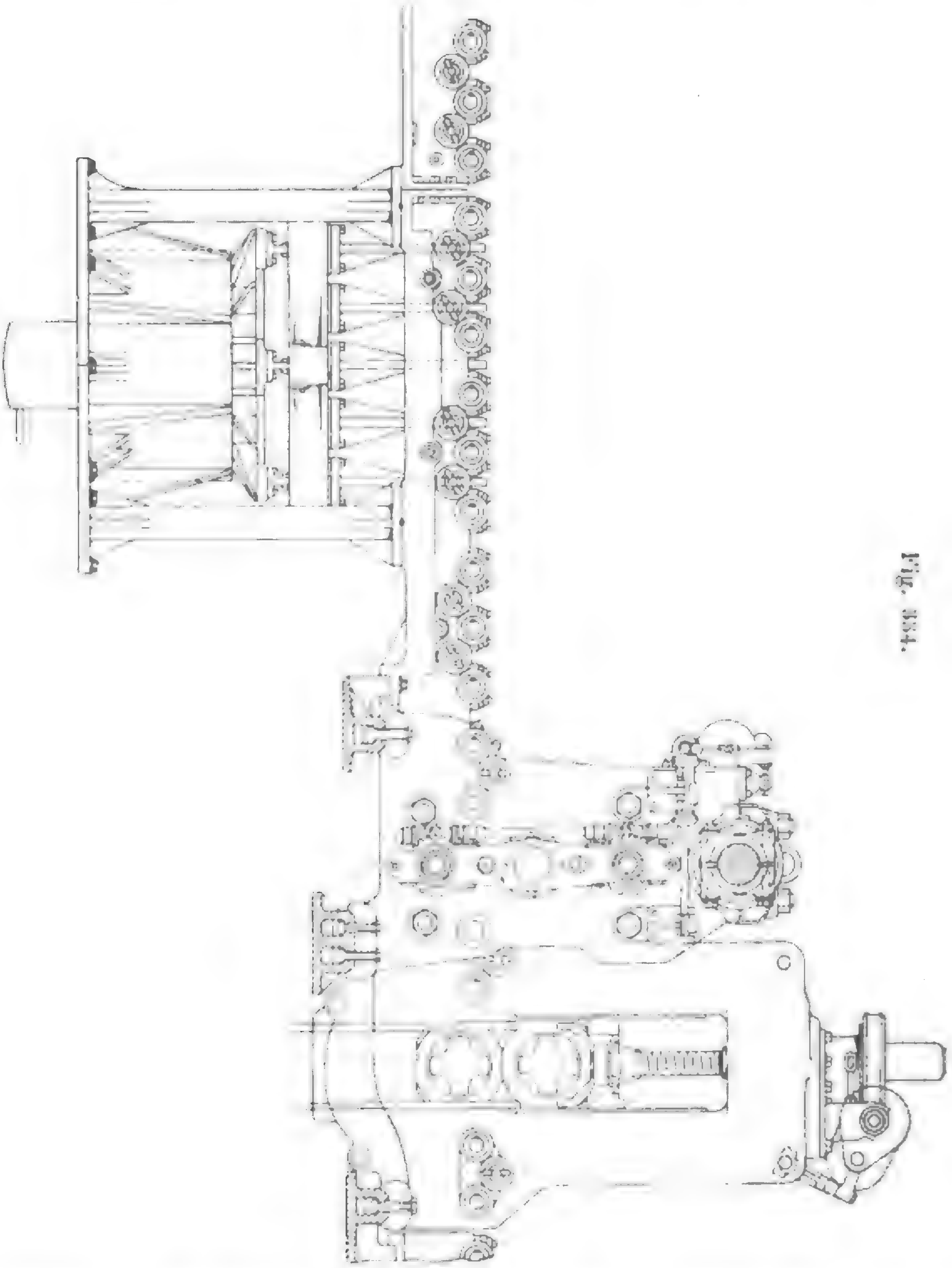


Fig. 334.

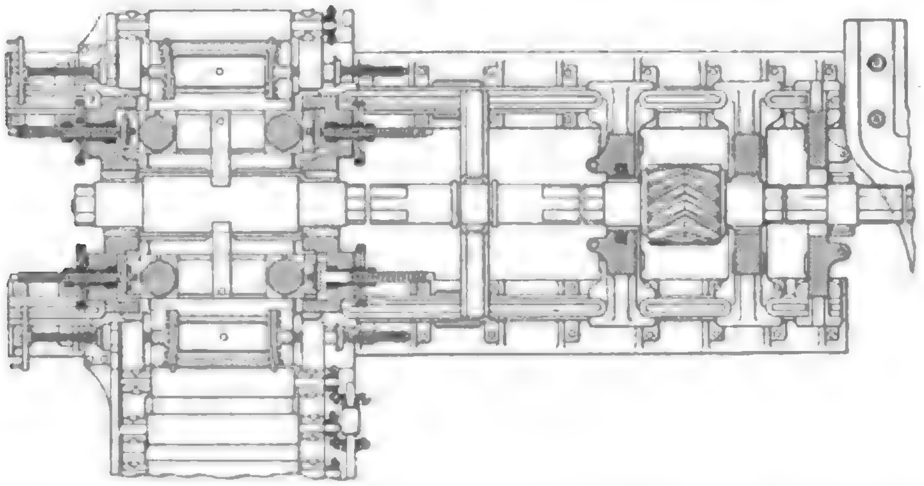
Blöcken ohne Nachwärmen gewalzt; dabei ergeben sich nur unbedeutende Störungen durch fehlerhafte Tafeln, aber, wie zu erwarten, entsteht dabei mehr Abfall, als beim Vorwalzen von Brammen.

Man bediente sich aber in den Vereinigten Staaten keineswegs

Digitized by Google

ausschliefslich des Dreiwalzsystems bei der Grobblechfabrikation. Das ebenfalls 1896 erbaute grofsartige Blechwalzwerk der Bethlehem Eisengesellschaft in South Bethlehem[1]) bestand aus einem durch Reversiermaschinen angetriebenen Vorwalzwerk mit je zwei horizontalen und vertikalen Walzen, in Verbindung mit einem Trio- und einem Universalwalzwerk zum Fertigwalzen von Blechen und Platten. In Fig. 324 und 325 (S. 819) und Fig. 334, 335 sind diese Walzwerke im Aufrifs, bezw. Längsschnitt dargestellt. Es kommen ganz aufserordentliche Kräfte dabei zur Verwendung. Das Vorwalzwerk, das die Produktion von vier 40-Tonnen-Siemens-Martinöfen verarbeitet, wird von zwei von Mackintosh, Hemphill & Co. in Pittsburg gebauten Maschinen angetrieben, von denen die eine 1168 mm Cylinderdurchmesser bei 1525 mm Hub hat und zum Antreiben der

Fig. 335.



horizontalen Walzen von 813 mm Durchmesser dient, während die andere von 711 × 1218 mm die vertikalen Walzen von 508 mm antreibt. Beide Maschinen sind mit hydraulischen Reversiervorrichtungen versehen und imstande, mit einem Dampfdruck von 7 Atmosphären 6000 bezw. 2240 H. P. zu leisten. Die Schraubenstellung der Walzen erfolgt durch elektrische Motoren. Die Aikenschen Hebetische werden von zwei Zwillingsreversiermaschinen von 305 × 305 mm angetrieben. Der Blockwender wird von zwei hydraulischen Cylindern bewegt. Die hydraulische Schere ist imstande, Brammen von 508 × 1218 mm zu durchschneiden.

Das Trio, dessen Ober- und Unterwalze 864 mm, und dessen Mittelwalze 508 mm Durchmesser hat, wird ebenfalls von einer Mackintosh-Hemphill-Maschine von 1168 × 1524 mm angetrieben, die Walzen haben 3251 mm Ballenlänge.

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1897, S. 215 bis 217.

Digitized by Google

Das Universalwalzwerk wird von einer 5000 pferdigen Mackintosh-Hemphill-Zwillingsreversiermaschine von 1066 × 1524 mm angetrieben. Die horizontalen Walzen haben 660 mm Durchmesser und 1829 mm Länge; die Oberwalze läſst sich um 457 mm heben; Gewichtsausgleichung und Zustellung erfolgen durch Elektromotoren.

Die zwei vertikalen Walzenpaare (Fig. 335 a. v. S.) haben je 413 mm Durchmesser. Auf diesem Walzwerke können Bleche von 254 bis 1066 mm Breite und 12,7 mm Dicke auf Längen von 18,3 bis 21,3 gewalzt werden. Bei leichten Blechen kann die Länge bis zu 30 m betragen.

Die zahlreichen vorzüglich disponierten Kräne von 5 bis 100 Tonnen Tragfähigkeit, welche diese Walzwerke bedienen, sind sämtlich elektrisch angetrieben.

Durch die Verbesserungen der Betriebsvorrichtungen hat man es nach Sir Williams (1898) erreicht, Stahlbleche von 50 mm Dicke zu walzen, die 30 qm bedecken[1]). Durch die mechanische Bedienung der Blechwalzwerke hat sich deren Leistungsfähigkeit sehr gesteigert. Als Beispiel nennen wir die neue Blechwalzwerksanlage in Homestead (Pa.)[2]), die eine Tagesleistung von 1500 Tonnen hat.

Diese gewaltigen Grobblechwalzwerke führen uns unmittelbar zu den ihnen nahe verwandten Panzerplattenwalzwerken.

Panzerplattenwalzwerk.

Die unablässig fortschreitende Verbesserung der Geschütze und Geschosse zwang zu immer stärkerer Panzerung der Schiffe. Man erhöhte die Widerstandsfähigkeit der Panzerplatten aber nicht nur durch zunehmende Dicke, sondern auch durch die Auswahl und Behandlung des Materials. Dies war ermöglicht durch die Erfindung des Fluſsstahls und die Verbesserungen seiner Erzeugung. Die in den siebziger Jahren notwendig gewordene weitere Verstärkung der Panzerplatten war mit Schweiſseisen unausführbar, weil man bereits an der Grenze der Dicke und Schwere angekommen war. So wog z. B. der Panzer des französischen Kriegsschiffes l'Admiral Baudin 3942 Tonnen = ein Drittel des Tonnengehalts des Schiffes. Fluſsstahlplatten boten zwar den Geschossen viel gröſseren Widerstand durch ihre Härte, waren aber unhaltbar wegen ihrer Sprödigkeit und zersprangen. Die Idee, Eisen und Stahl zu verbinden, lag nahe. Die Ausführung bot

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 555.
[2]) Daselbst 1900, S. 734.

Digitized by Google

freilich Schwierigkeiten. Der erste, dem es gelang, solche Compound- oder Verbund-Panzerplatten aus Eisen und Flufsstahl herzustellen, war A. Wilson von der Firma Cammell & Co. in Sheffield im Jahre 1876. Er gofs in einem grofsen, aus beweglichen Seitenteilen zusammengebauten, aufrechtstehenden Formkasten Flufsstahl auf eine eingeformte glühende Eisenplatte auf. Die so hergestellte Verbundplatte wurde in einem Wärmofen erhitzt und dann gewalzt. Erst verwendete er Siemensstahl, später auch Bessemerstahl. Die Schweifsung zwischen Stahl und Eisen gelang zwar auf diese Weise, liefs aber oft zu wünschen übrig. J. H. Ellis bei John Brown & Co. in Sheffield erfand deshalb (1880) ein anderes Verfahren der Herstellung von Compound-Panzerplatten, dessen Vorzug in der gröfseren Schweifsfläche bestand.

In eine starke Eisenplatte wurden 25 cylindrische Stahlklötze eingelassen, hierauf eine Deckplatte gelegt und in einem Formkasten der Zwischenraum mit Flufsstahl ausgegossen. Man verwendete Bessemerstahl am besten von 0,6 Prozent Kohlenstoffgehalt. Die Stahllage bildete ein Drittel der ganzen Platte. Man stellte Platten von 483 mm Dicke und 40 Tonnen Gewicht dar. Der Inflexible war das erste englische Kriegsschiff, welches mit solchen Compoundplatten ausgerüstet wurde, die dann in allgemeine Aufnahme kamen. Cammell & Co. und John Brown in Sheffield waren längere Zeit die einzigen Erzeuger der Compoundplatten.

Das 1882 von den Cyklopwerken in Sheffield betriebene Panzerplattenwalzwerk hatte Walzen von über 140 Tonnen Gewicht und walzte Platten von 485 mm Dicke und 57 Tonnen Gewicht.

In Deutschland stellten Dillingen und Friedrich Krupp in Essen zuerst solche her. In Dillingen, wo die Panzerplattenfabrikation auf Anregung des Marineministers von Stosch eingeführt worden war, wurden (1883) starke Eisenplatten aus Paketen von Puddeleisen unter dem Dampfhammer geschweifst, auf 203 mm Dicke ausgeschmiedet, mit einer hydraulischen Presse gerichtet und sodann gehobelt; hierauf wurde die erhitzte Platte mit einem eisernen Rahmen, der durch eine Stahlplatte abgeschlossen war, umgeben und der Zwischenraum mit Stahl ausgegossen. Die heifse Verbundplatte wurde alsdann mit Vorsicht gewalzt, gerichtet und abgehobelt. Die Stahllage betrug 153 mm, die ganze Dicke also 356 mm, das Gewicht einer Platte etwa 15000 kg.

Krupp in Essen gofs nach einem patentierten Verfahren (D. R. P. Nr. 25843) Flufseisen und Flufsstahl auf beide Seiten einer in der

Digitized by Google

Form aufrecht stehenden Platte, wodurch die Cementation des weichen Eisens durch den flüssigen Stahl verhindert werden sollte. Für diese Trennungsplatte verwendete Krupp in der Folge Nickelblech.

In Frankreich schlug Sibut ainé ein anderes Verfahren, das er Système cloisonné nannte, vor, welches darin bestand, daſs er ein Gerippe oder Gitterwerk von schmiedeeisernen Stäben herstellte und dieses in einer Gieſsform dann mit flüssigem Stahl ausgoſs. — L. Pszczolka in Graz goſs erst eine Lage weiches Fluſseisen und dann noch, ehe diese ganz erstarrt war, eine Lage Fluſsstahl darüber.

Schneider in Creusot verwendete Martinstahl mit 0,45 Prozent Kohlenstoff. Zu St. Chamond goſs man aus zwei Siemens-Martinöfen mit je 10 Tonnen Einsatz eine Lage Stahl von ca. 200 mm auf eine zur Weiſsglut erhitzte Puddeleisenbramme von ca. 400 mm, erhitzte den Block im Flammofen und walzte ihn dann aus. Diese Masse wurde produit mixte genannt.

1886 verwendete man bereits 550 mm dicke Platten zur Panzerung von Kriegsschiffen. 1889 wurden bei Cammel & Co. Platten von 65 Tonnen Gewicht gewalzt. Hierzu gehörten auſserordentlich starke Walzwerke. Bereits im Jahre 1886 veröffentlichte die Märkische Maschinenbau-Aktiengesellschaft zu Wetter a. d. Ruhr den Entwurf eines Panzerplattenwalzwerks[1]) zur Herstellung von Platten bis zu 100 Tonnen Gewicht für Krupp in Essen. Es war als Universalwalzwerk mit 1 m dicken und 3,20 m langen Walzen konstruiert.

Die berühmtesten Panzerplattenwalzwerke Frankreichs waren das von Marrel frères zu Rive de Gier, die Marine-Stahlwerke zu St. Chamond, wo die Panzertürme des Generals Mougin für die Schieſsversuche in Bukarest 1885/86 hergestellt wurden, die Werke von Chatillon-Commentry, St. Etienne und Creusot. Während die Compoundplatten in England und Amerika unbedingt bevorzugt wurden, setzte man besonders in Frankreich die Versuche mit Fluſsstahlplatten fort, indem man sich bemühte, denselben durch Härtung oder Temperung eine erhöhte Widerstandsfähigkeit zu geben. Alfred Evrard erhielt 1883 ein Patent auf Härtung (Tempern) von Panzerplatten in einem Bleibade. Die Versuche, welche Lisbonne damit auf dem Stahlwerk St. Jaques bei Montluçon anstellte, ergaben nach einem Bericht des Generals Brialmont, daſs 1) die Festigkeit des auf diese Weise gehärteten Stahls vermehrt wird, ohne daſs seine Dehnbarkeit abnimmt, und daſs 2) Kantenrisse und Werfen vermieden werden. Das

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1886, S. 575, Taf. 28, 29.

Digitized by Google

Härten (Tempern) verbesserte den Stahl in ähnlicher Weise wie das Schmieden.

In grofsem Mafsstabe wurde diese Härtung auf den Werken der Compagnie des Forges de Chatillon et Commentry ausgeführt. Zum Erhitzen der Panzerplatten baute man Glühöfen mit abhebbaren Gewölben, aus denen die heifsen Platten mittels Kränen gehoben und in das Bleibad getaucht wurden.

Schneider in Creusot, der zuerst gehärtete Flufsstahlpanzerplatten verwendete, härtete die Stahlplatten in Eis und Kochsalz. Der russische Kapitän Feodosieff schlug 1890 Härtung mit Glycerin und Ammoniak vor.

Mehr Anklang fand ein Härteverfahren von T. J. Tresidder in Sheffield mittels Wasserbrause (Engl. Pat. vom 31. März 1891, Nr. 5551, D. R. P. Nr. 74566); einen ähnlichen Vorschlag hatte Jarolimek schon einige Jahre zuvor gemacht[1]).

Ferner erwies sich ein Zusatz von Nickel als ein vorzügliches Mittel, die Widerstandsfähigkeit der Flufsstahlpanzerplatten zu erhöhen. Von Nickelstahl, der zuerst in Frankreich fabrikmäfsig dargestellt worden war, machten besonders Fr. Krupp in Deutschland und Schneider in Frankreich seit 1886 Gebrauch. In den Vereinigten Staaten hatten Ritchie und Fracy im Sommer 1889 die Aufmerksamkeit auf Nickelstahl-Panzerplatten gelenkt. Im Jahre 1890 traten bei den Schiefsversuchen zu Annapolis in den Vereinigten Staaten Compoundplatten von Cammell & Co., gehärtete Flufsstahlplatten von Schneider & Co. in Creusot und amerikanische Nickelstahlplatten von 4 Prozent Nickelgehalt in Wettbewerb. Letztere trugen den Sieg davon, während die Compoundplatten sich am wenigsten bewährten. Ähnlich war das Ergebnis der russischen Schiefsversuche vom 11. November 1890 zu Ochta bei Petersburg, wo weiche Flufsstahlplatten von Vickers & Co., Sheffield, harte Flufsstahlplatten von Schneider & Co., Creusot, Compoundplatten von John Brown & Co., Sheffield, mit russischen Holtzer-Granaten beschossen wurden. Auch hierbei zeigten sich die Flufsstahlplatten den Compoundplatten überlegen.

Eine andere sehr wichtige Verbesserung führte H. A. Harvey in Orange, New Jersey, dadurch ein, dafs er weiche Flufsstahl-, am besten Nickelflufsstahl-Panzerplatten auf einer Seite nachträglich durch Cementation härtete. Am einfachsten geschieht diese einseitige

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1893, S. 144.

Digitized by Google

Cementation in der Weise, dafs man zwei gleiche Panzerplatten in dem Cementierofen aufeinanderlegt, die beiden Aufsenseiten in Kohlungspulver einpackt und in dem verschlossenen Ofen glüht, was bei Platten von 267 mm etwa 120 Stunden dauern mufs [1]).

Bei den Schiefsversuchen zu Indian-Head, Maryland, bewährten sich Harveys gekohlte Nickelstahlplatten am besten. Durch ihre grofse Widerstandskraft gestatteten sie eine beträchtliche Gewichtsersparnis. Sie hatten auch den Vorteil, dafs sie weniger schnell rosteten als gewöhnliche Flufsstahlplatten. Harveys Fabrikation gekohlter Panzerplatten wurde aufser in den Vereinigten Staaten auch bereits 1892 auf den Aboukoff-Stahlwerken in Rufsland eingeführt. 1892 wurde in England das damals gröfste Panzerschiff der Welt, der Royal Sovereign, mit Harvey-Nickelstahlplatten ausgerüstet. In Amerika pflegte man einen höheren Nickelzusatz zu nehmen als in Europa; so enthielten 1892 Panzerplatten von Annapolis 4 Prozent, von Homestead 3,16 Prozent, französische dagegen nur 0,32 Prozent Nickel.

Henri Schneider machte 1896 Platten aus Molybdänstahl (0,2 bis 5 Prozent Mo), dem 0,2 bis 0,3 Prozent Chrom zugesetzt wird (Amer. Pat. Nr. 560150).

Harveys Kohlungsverfahren wurde in den folgenden Jahren mehrfach verbessert, z. B. von H. Schneider in Creusot (Amer. Pat. Nr. 515505), H. Lake in London (D. R. P. Nr. 77173), S. Grambow in Rixdorf (D. R. P. Nr. 72547, 74242), besonders aber von Fr. Krupp in Essen, der eine Gaskohlung erfand. Als geeignetes Cementierpulver hatte sich in Amerika eine Mischung von $^1/_2$ Holzkohle mit $^1/_2$ Tierkohle aus den Zuckerraffinerieen erprobt [2]).

In den Vereinigten Staaten soll sich nach Weddings Bericht von 1893 [3]) die Cementation mit Petroleum gut bewährt haben. Dieses wird auf die glühende Platte aufgespritzt und bewirkt dadurch gleichzeitig die Härtung. Die Carnegie Stahlgesellschaft in Pennsylvanien prefst aufserdem noch die nach dem Harveyprozefs behandelten Panzerplatten glühend zwischen den Prefsbacken mächtiger hydraulischer Pressen, um sie zu dichten (Amer. Pat. Nr. 541594). Auf

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1892, S. 760.

[2]) Über Panzerplatten siehe die zahlreichen Aufsätze von J. Castner in Stahl und Eisen 1892, S. 209, 332, 454; 1893, S. 422; 1895, S. 12, 793, 842; 1896, S. 273; 1897, S. 261; 1898, S. 1038; 1899, S. 100. Ferner über französische Panzertürme 1894, S. 164 und über Panzerforts und Panzerfronten 1894, S. 891.

[3]) Siehe Stahl und Eisen 1893, S. 1034.

Digitized by Google

dieses Verfahren erhielt W. E. Corey in Munhall am 11. April 1895 ein deutsches Patent (D. R. P. Nr. 87132).

Die Herstellung so starker Panzerplatten aus Flufsstahl erforderte grofsartige Anlagen, zunächst einer Anzahl grofser Martinöfen von 12 bis 40 Tonnen Einsatz. Aus diesen wird der Flufsstahl in eine grofse Giefs- und Sammelpfanne abgestochen, aus welcher der Gufs in die eingedämmten, mehrteiligen Coquillen erfolgt[1]). Der Zusatz von Nickel geschieht in kleinen Säcken zu dem flüssigen Metall entweder im Martinofen oder in der Pfanne. Da Nickelstahl stark lunkert, so schreibt die amerikanische Regierung vor, dafs das obere Drittel der Blöcke nicht zur Fabrikation verwendet werden darf. Die ausgehobenen Blöcke kommen in grofse Wärmöfen und von da unter riesige Schmiedepressen, unter denen sie etwa auf die Hälfte der Dicke herabgeschmiedet werden. Eine von Tannet, Walker & Co. in Leeds 1889 erbaute Schmiedepresse arbeitete mit 2000 Tonnen, eine von Krupp in Essen 1890 errichtete mit 5000 Tonnen, die im November 1893 auf den Bethlehem Works sogar mit 14000 Tonnen Druck. Die prefsgeschmiedeten Blöcke werden in den Glühofen des Plattenwalzwerks eingesetzt und unter letzterem auf die verlangte Dicke (meist 270 bis 305 mm) ausgewalzt. Die Panzerplattenwalzwerke sind meistens nach dem Prinzip der Universalwalzwerke mit horizontalen und vertikalen Walzen versehen. Das 1891 in Betrieb gesetzte neue Panzerplattenwalzwerk der Homestead Stahlwerke von Carnegie, Phipps & Co. besafs vier horizontale und vier vertikale Walzen. Die vier horizontalen Walzen lagen in einem Gerüste übereinander. Die horizontalen Walzen waren 2800 mm lang, die oberste und unterste hatten 812 mm, die zwei mittleren je 610 mm Durchmesser. Beide Walzenstrafsen arbeiteten gemeinschaftlich, obgleich jede für sich von einer eigenen Maschine angetrieben wurde; beides Reversiermaschinen von zusammen 3000 Pferdekräften[2]).

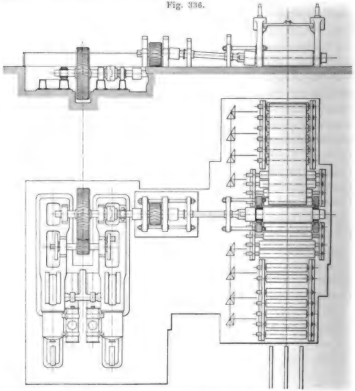
Weit stärker und von erstaunlicher Leistungsfähigkeit ist das Panzerplattenwalzwerk, welches das Gufsstahlwerk von Friedrich Krupp in Essen 1891 in Betrieb nahm. Es wurde nach dem S. 813 erwähnten Programm von der Märkischen Maschinenbauanstalt von Kamp & Co. in Wetter a. d. Ruhr, nur stärker und mit Verbesserungen, erbaut. Es ist ein einfaches kräftiges Duowalzwerk mit Reversion und in seiner konstruktiven Anlage Fig. 336 (a. f. S.) ab-

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1894, S. 552.
[2]) Siehe ferner: Über die Panzerplattenerzeugung zu Witkowitz, Stahl und Eisen 1894, S. 552.

Digitized by Google

gebildet. Die Walzen haben 4 m Ballenlänge bei 1 m Durchmesser der gröfstmögliche Abstand beträgt 1,3 m. Die Reversiermaschine hat 3500 Pferdekräfte. Die starken geschmiedeten Gufsstahlzahnräder übertragen die Bewegung im Verhältnis von 3 : 1 auf die Walzen, die ebenfalls aus geschmiedetem Tiegelstahl hergestellt sind und 90 Tonnen wiegen. Rollbahnen führen auf beiden Seiten die Platte selbstthätig

Fig. 336.



den Walzen zu, während ein System zwischen den Rollen befindlicher Stahlkegel, welche einzeln oder zu mehreren über das Niveau der Rollen gehoben werden können, das Heben, Versetzen und Drehen der Platten ermöglicht. Das Walzen einer grofsen Panzerplatte bietet ein überraschendes Schauspiel, wovon die Zeichnung, Fig. 337[1]), nur eine schwache Vorstellung geben kann, wenn auf ein gegebenes

[1]) Aus Krupps Gufsstahlfabrik von Prof. Dr. Friedr. C. G. Müller. Illustriert von Felix Schmidt und A. Montan. Düsseldorf 1896.

Digitized by Google

Zeichen die 6 m breite Thür des gewaltigen Wärmofens sich öffnet und die Sohle des Ofens mit der darauf ruhenden weißglühenden Eisenmasse, von unsichtbaren Kräften getrieben, sich vorwärts bewegt, bis die ganze Eisenplatte sich außerhalb des Ofengewölbes befindet.

Fig. 337.

Alsbald wird sie an den vier Ecken von starken Haken, die mit Ketten an einem 75-Tonnen-Laufkran hängen, gefaßt, schwebend gehoben und auf den Rollgang des Walzwerks gelegt, während die glühende Ofensohle wieder an ihren Platz zurückkehrt. Auf ein Zeichen des Walzmeisters setzt der Maschinist die Rollgänge und das Walzwerk in Bewegung und nun vollzieht sich der ganze Walzprozeß

Digitized by Google

automatisch. Der Walzmeister, der immer vor der sich vorwärts bewegenden glühenden Platte einherschreitet, giebt mit einer schrillen Pfeife den auf einer erhöhten Kanzel stehenden Maschinisten (rechts auf der Zeichnung) die Signale. Nach jedem Durchgang werden die Walzen durch riesige von Zahnrädern bewegte Stellschrauben enger gestellt, die Maschinen, welche die Rollgänge bewegen, ebenso wie die Walzenzugmaschine umgestellt, so dafs alle Bewegungen jetzt in entgegengesetzter Richtung erfolgen. Um den Glühspan zu entfernen, werden grofse Reisigbündel auf die glühende Platte geworfen, die, wenn sie von den Walzen gefafst werden, ein knatterndes Knallen, wie ein Pelotonfeuer, hervorrufen. Dies Aufwerfen der Reisigbündel ist die einzige Handarbeit bei dem Plattenwalzen. Die Bramme, die etwa 750 mm dick ist, wird auf etwa 300 mm oder weniger herabgewalzt. Dabei wird sie anfangs öfter mit Hülfe der oben erwähnten Stahlkegel um 90° gedreht und quergewalzt, bis sie die verlangte Breite hat. Wohl an hundertmal geht die Platte hin und her, bis sie die vorgeschriebene Dicke erlangt hat. Eine von Friedrich Krupp in Chicago 1893 ausgestellte gewalzte Platte war 8270 mm lang, 3130 mm breit und wog 62400 kg.

Nach dem Auswalzen gelangt die Platte unter die Biegepresse, eine hydraulische Presse von grofser Stärke, bei Krupp z. B. von 5000 Tonnen Druckkraft, auf der sie gerichtet und nach Bedürfnis gekrümmt wird. Auch diese Presse gehört zu den Formgebungsapparaten der Neuzeit. Sodann wird die Platte unter Scheren beschnitten.

Die nachträgliche Kohlung zum Zwecke der Härtung erfolgt mit Kohlenwasserstoff. Dieses Verfahren war auf den Werken des Kontinents allgemein in Anwendung gekommen, ebenso in England nach dem Patent von Thwaite.

Dafs die Panzerplatten nicht nur beim Bau der Kriegsschiffe, sondern auch bei der Landbefestigung als gepanzerte Türme, Panzerlafetten, Panzerforts, Panzerfronten u. s. w. Verwendung fanden, ist bekannt; wir erwähnen nur ihre ausgedehnte Verwendung bei der Maasbefestigung, besonders bei Lüttich und Namur von General Brialmont, die Panzerforts von Bukarest, die Landbefestigung von Kopenhagen, die Panzerfronten am Sereth und an der Donau in Rumänien nach der Konstruktion von Major Schumann. Seitdem man gelernt hat, die Stahlpanzerplatten zu härten und zu biegen, haben sie den Hartgufs hierbei vielfach verdrängt.

Eine andere wichtige Verwendung der Walzwerke findet bei der Drahtfabrikation statt.

Digitized by Google

Die Drahtfabrikation.

Der Bedarf an Draht hatte eine grofse Steigerung durch mancherlei zum Teil neue Verwendungen erfahren. Hiervon ist zunächst der Stacheldraht zu erwähnen, der 1873 zu De Kalb in Illinois zuerst dargestellt und anfangs in den Vereinigten Staaten, dann aber auch in der übrigen Welt zu Abgrenzungen und Einzäunungen massenhafte Anwendung fand. Die amerikanische Erzeugung stieg von 1874 bis 1892 von 5 Tonnen auf 200000 Tonnen. Er wird jetzt meist verzinkt verwendet.

Auch die Verwendung von verzinktem und plattiertem glattem Draht fand ausgedehntere Benutzung, ersterer besonders als Geflecht ebenfalls zu Umzäunungen. Grofse Mengen von kupferplattiertem Draht wurden durch die Telegraphie, die elektrische Beleuchtung und die elektrischen Motoren verbraucht.

Die Drahtseilfabrikation nahm einen grofsen Aufschwung durch die Verwendung zu Treibseilen, Förderseilen und Drahtseilbahnen (Hodgson, Bleichert, Otto, Pohlig).

Eine neue Verwendung ist die für Bauzwecke in Verbindung mit Cement bei den Monierbauten und in Verbindung mit Glas bei dem von Friedrich Siemens erfundenen Drahtglas.

Die Drahtstiftenfabrikation nahm immer gröfseren Umfang an. In den Vereinigten Staaten stieg die Drahtnägelerzeugung von 1886 bis 1892 von 600000 auf 4719524 Fafs zu je 100 Pfund Gewicht.

Für Industrie und Handel war es deshalb von Wichtigkeit, dafs im Anschlufs an die Wiener Weltausstellung 1874 zwischen den Drahtwerken Deutschlands und Österreichs eine neue, einfache, auf das metrische System begründete Drahtlehre vereinbart wurde. $^1/_{10}$ mm wurde als Einheit zu Grunde gelegt und jede folgende Nummer war um $^1/_{10}$ mm stärker, so dafs also z. B. Nr. 12 1,2 mm dick war. Auch Grofsbritannien führte 1883 eine neue, einfachere Drahtlehre ein.

Um die Verbesserung der Walzdrahtfabrikation erwarb sich zu Anfang dieser Periode George Bedson in Manchester grofses Verdienst durch die Einführung des kontinuierlichen Walzbetriebes. Einen grofsen Aufschwung erfuhr ferner diese Fabrikation durch die Verwendung des Flufseisens, besonders der weichen Produkte, des Thomas- und basischen Herdflufseisens. Man verband Martinöfen mit den Drahtwerken. Die Blöcke für die Drahtbereitung gofs man von

Digitized by Google

möglichst kleinem Querschnitt oder legte noch Vorwalzen für die Drahtwalzen an.

Die Überlegenheit des Stahldrahts wurde 1876 durch Versuche mit westfälischen Drahtsorten von W. Schultze-Velinghausen in Witten festgestellt. Danach verhielten sich die Festigkeiten von Schweifseisen-, Besssemer- und Tiegelstahldraht wie 1 : 1,46 : 2,46.

Die Fortschritte der Walzdrahtfabrikation bestanden vornehmlich in der Steigerung der Leistung und in dem selbstthätigen Betriebe. Die Steigerung der Leistung wurde sowohl durch zweckmässigere Konstruktion und Anordnung der Walzen als durch erhöhte Geschwindigkeit, namentlich der Endwalzen, bewirkt.

Die Zahl der neuerfundenen und patentierten Drahtwalzwerkskonstruktionen war eine sehr grofse und können wir nur einige der wichtigeren aufführen. Sie lassen sich in zwei Systeme teilen, das ältere war das kombinierte Vor-, Rückwärts- und Schlingenwalzen, welches geschulte Arbeiter erfordert, das neuere ist das kontinuierliche Walzen mit mechanischer Einführung, das fast ganz automatisch verläuft. Eine Hauptsache dabei ist die richtige Geschwindigkeitszunahme der aufeinanderfolgenden Walzenpaare. In den Vereinigten Staaten erwarben sich J. Washburn und W. Garret besondere Verdienste um die Verbesserung der Walzdrahtindustrie.

Für die mechanische Einführung des Drahtes nahmen H. B. Comer 1874 und John Beavis 1876 Patente. Bahnbrechend wurde aber die mechanische Umführung von W. Mc. Callip in Columbus (Ohio) 1877.

Die Erhöhung der Umfangsgeschwindigkeit der Walzen erzielte man durch gröfsere Durchmesser der Walzen, schnelleren Umtrieb und stärkere Antriebsmaschinen. Durch diese Mittel verdoppelte man in der Zeit von 1875 bis 1889 die Leistungen der Drahtwalzwerke. Mitte der siebziger Jahre gehörte zu einer Drahtwalze von 180 bis 200 mm Durchmesser und 300 Umdrehungen ein Schweifsofen von 8000 bis 12000 kg Erzeugung in der Schicht, Ende der achtziger Jahre dagegen zwei Gasflammöfen von 25000 bis 30000 kg Leistung für die stärkeren und rascher laufenden Walzen.

Die Washburne & Moen Manufacturing Company in Worcester (Massachusetts) konnte 1876 auf der Weltausstellung zu Philadelphia eine schöne Sammlung amerikanischer Drahtsorten vorführen. Diese gröfste Drahtfabrik der Welt, die 1831 von Schweden gegründet worden war, hatte damals bereits eine Jahreserzeugung von 10000 Tonnen.

Digitized by Google

1876 bediente man sich zum Walzen besserer Drahtsorten des seit 1869 eingeführten Systems von J. Johnson, wobei 16 Walzen zu gleichzeitiger Wirksamkeit kamen und 20 Fufs $^{5}/_{4}$zöllige, achteckige Drahtknüppel, die 90 bis 100 Pfund wogen, in einer Minute zu Draht von $^{3}/_{16}$ Zoll ausgewalzt wurden. Das erste Walzenpaar machte 16, das letzte 450 Umdrehungen in der Minute. Das System arbeitete bei voller Ausnutzung vorteilhaft und fand auch in England und Rufsland Eingang.

Das Drahtwalzwerk von Bansen[1]) in Bodenbach (D. R. P. Nr. 49 vom 19. Juli 1877) bezweckte dünnere Drähte als seither zu walzen und dadurch das Ziehen des Drahtes teilweise zu ersetzen. Die Kaliber wurden durch drei Walzen, deren Achsen in Winkel von 120° gegeneinander verstellt waren, gebildet.

Eine wesentliche Verbesserung war das Universalwalzwerk für Draht und Feineisen von Roy[2]) in Witten (D. R. P. Nr. 41 vom 25. Juli 1877), bei dem durch sinnreiche Führungen die Zahl der Walzengerüste und der vertikalen Walzen sehr verringert wurde. Nur zwei Walzenpaare lagen hintereinander, alle übrigen darunter. Dadurch konnte das ganze System von acht Walzenpaaren auf einem einzigen Walzengerüst vereinigt werden. Die Knüppel wurden durch Vorwalzen auf 16 mm Quadrat gestreckt und dann auf jeder der acht Walzen mit einem Stich fertiggewalzt. Eine genau gearbeitete Zahnradübersetzung regulierte die Umdrehungsgeschwindigkeit der Walzen, die im umgekehrten Verhältnis der Kaliberfläche stehen mufste. Ein Nachteil bei den kontinuierlichen Walzwerken ist es, dafs der Draht mit ungleicher Temperatur die Kaliber passiert.

1878 wurde George Bedsons Walzwerk mit hintereinander liegenden Walzen in den Cambria Works, Johnstown in den Vereinigten Staaten, eingeführt. Die 1877 verbesserten Drahtwalzen von W. Mc. Callip zeichneten sich durch ein System von Drahtführungen (repeaters) aus, welche die Handarbeit überflüssig machten. Auch Morgan[3]) erfand 1879 eine selbstthätige Umführung. — J. R. Ramsden gab 1878 eine Vorrichtung zum Härten und Anlassen des Drahtes an, wobei der Draht durch Röhren geführt und durch eine Kohlenwasserstoffflamme erhitzt wurde. Nach dem Verlassen der Rohre tauchte der Draht in ein Ölbad.

---

[1]) Siehe Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1878, S. 182, Taf. IV, Fig. 22 bis 26.
[2]) Daselbst S. 181, Taf. IV, Fig. 13 bis 27.
[3]) Siehe Stahl und Eisen 1900, S. 74, Fig. 15.

Digitized by Google

Henry B. Comer führte 1880 ein System der stufenweisen Beschleunigung der Drahtwalzen ein [1]).

1880 konstruierte R. Daelen sen. in Düsseldorf ein Drahtwalzwerk, bei dem ähnlich wie bei dem von Roy die Walzen in einem gemeinschaftlichen Gerüste lagen, doch gab er ihnen abwechselnd horizontale und vertikale Stellung. Das Kaltwalzwerk von Alpeter und Horst zu Neuwalzwerk bei Menden sollte wie das von Bansen das Ziehen ersetzen. Im Grunde war es nichts als ein aus Rollen gebildetes Drahtzugkaliber.

Zur Reinigung des Walzdrahtes wurden in den siebziger Jahren vielerlei chemische Mittel in Vorschlag gebracht, am besten bewährte sich aber die mechanische Reinigung durch mäfsiges Biegen zwischen Rollen, wobei die Glühspankruste absprang. Einen Apparat dieser Art erfand Graumann 1876, der von Kugel veröffentlicht wurde. In einem durch Charniere verbundenen Rahmen befinden sich fünf Rollen, drei unten und zwei oben, die etwas ineinandergreifen. Sobald der Walzdraht durchgesteckt ist, wird der Rahmen geschlossen und der Draht durchgezogen. — Eine ähnliche Reinigungsmaschine wurde 1878 von Betz in St. Ingbert eingeführt, worin der Walzdraht in Krümmungen über acht Rollen hin und her gebogen wurde. Hierher gehört auch die Drahtbiegmaschine von Adolf von der Becke zu Ludwigshütte bei Iserlohn. An diese reihten sich die Drahtricht- und Streckmaschinen von Wilh. Böcker in Schalke und von John Adt zu New Haven (Connecticut).

1880 wurde eine Verbesserung zu dem Royschen Walzwerk, wonach der Draht zwischen den einzelnen Walzendurchgängen selbstthätig durch einen Glühofen hindurchgeführt wurde, patentiert.

Als weitere Fortschritte in den Jahren 1880 und 1881 sind zu erwähnen: das gleichzeitige Ziehen von Draht durch mehrere Ziehlöcher über verschiedene Trommeln, deren Durchmesser im umgekehrten Verhältnisse der Weiten der Ziehlöcher stehen, von J. Mühlbacher in Ferlach 1880 und von Kiefsing und Möllmann in Iserlohn 1881; eine verbesserte Ziehtrommel von C. D. Rogers zu Providence (V. St.); ein Drahtglühofen von A. Pütsch [2]) in dem Drahtwerk von Kern & Co. in Gleiwitz; ein desgleichen von H. Roberts in Pittsburg, wobei das Glühen in eisernen Töpfen in einer Muffel geschieht und eine von Roberts 1882 erfundene Zuführung, wodurch mehrere Drähte gleichzeitig durchgewalzt werden konnten;

[1]) Revue universelle des mines, t. XVII, 2. sér., 1885.
[2]) Siehe Glasers Annalen 1882, Nr. 109.

Digitized by Google

ferner ein Glühtopf, ein Reinigungsapparat und eine Mitnehmevorrichtung (D. R. P. Nr. 23025, 23026, 23027, 23093).

1880 machte Hughes zuerst darauf aufmerksam, dafs der Eisendraht durch Beizen an seiner Festigkeit verliert. Diese „Beizbrüchigkeit“ war die Folge einer Aufnahme von Wasserstoff zu einer Art von Legierung, was A. Ledebur durch Versuche im Jahre 1889 feststellte [1]).

William Garrets verbessertes Schnellwalzensystem wurde 1882 von der Cleveland-Walzwerksgesellschaft in Amerika eingeführt und hierdurch eine grofse Steigerung der Produktion erzielt. Man walzte dabei den Rohblock durch Vorwalzen und Fertigwalzen, deren Kaliber durch Röhrenführungen verbunden waren, in $1^1/_2$ Hitzen zu fertigem Draht aus.

In Deutschland baute die Maschinenbau-Aktiengesellschaft, vormals Gebr. Klein in Dahlbruch, 1881 zu Phönix in Laar ein verbessertes Drahtwalzwerk, bestehend aus selbständiger Vorwalze, zwei Trios zum Auswalzen und einer Fertigwalze, die alle von einer Verbund-Dampfmaschine betrieben wurden. Diese Anordnung fand in Deutschland vielfach Nachahmung, weshalb es Spannagel als „deutsches Walzwerk“ bezeichnete. — Böcker in Schalke [2]) arbeitete mit zwei gegenüberliegenden Walzenstrafsen, wobei zwei Stiche, wie bei dem kontinuierlichen Walzwerk, selbstthätig vorgingen, während die anderen Stiche durch Umführungen bewirkt wurden.

1882 liefs sich Gustav Erkenzweig in Hagen eine selbstthätige Umstechvorrichtung patentieren (D. R. P. Nr. 21498).

Durch die Verwendung des Flufsstahls nahm die Stahldrahtfabrikation zu Anfang der achtziger Jahre einen grofsen Aufschwung, während sich die Erzeugung von Schweifseisendraht noch ziemlich gleich blieb, sie betrug 1880 222322 Tonnen, 1883 214000 Tonnen, während die Stahldrahterzeugung von 1880 bis 1883 von 10800 Tonnen auf 145000 Tonnen stieg. Der Jahresbedarf der Vereinigten Staaten betrug 1884 350000 Tonnen, wovon 125000 bis 150000 Tonnen eingeführt, 200000 bis 225000 Tonnen auf etwa 30 einheimischen Werken erzeugt wurden.

1884 verband G. Erkenzweig, um dünnen Draht von 3,8 mm Stärke zu walzen, vertikale Walzen, die durch Riemen getrieben wurden, mit den horizontalen. Daelen zog Zahnradübersetzung für die gesteigerte Umdrehungsgeschwindigkeit der Walzen vor.

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1889, S. 745.
[2]) A. a. O. 1900, S. 69.

Digitized by Google

Hugo Kuhne von Hagen erfand eine Drahttrommel mit excentrischem Anzug und selbstthätiger Auslösung. C. M. Pielsticker in London und Dr. Fr. Müller in Brandenburg empfahlen die direkte Stahldrahtbereitung aus flüssigem Metall.

1884 erfand Sam. Fox einen um eine vertikale Achse drehbaren Glühofen.

Selbstthätige Draht-Um- und -Überführungen liefsen sich 1885 in Deutschland G. Erkenzweig (D. R. P. Nr. 30752, 37102), Schönborn und Zöllner und 1886 Hoesch in Dortmund patentieren. — Claude Warin in Lyon erfand 1885 eine Drahtziehbank mit ununterbrochenem Zug (D. R. P. Nr. 35287 und 39316).

Das weiche, billige Thomasflufseisen fand besonders in Deutschland rasch Eingang in der Drahtfabrikation, während man in anderen Ländern mehr Martinstahl verwendete. Thomaseisen liefs sich in den verbesserten Drahtwalzen leicht auf 4,5 mm Stärke auswalzen und noch in derselben Hitze bis 2,6 mm ausziehen. Dieser, so direkt aus Walzdraht fertig gezogene Draht bildete 1886 bereits 70 bis 75 Prozent der gesamten Drahterzeugung. Derselbe liefs sich ebenso gut wie Mitteldraht blank ziehen und ohne Beize verarbeiten. Das Glühen und Beizen hatte nicht mehr die Wichtigkeit wie früher.

1886 ermittelte Beckert den Verdünnungsfaktor beim Drahtziehen, den Karmarsch allgemein zu 0,92 angenommen hatte, für westfälisches Eisen zu 0,786 bis 0,940. — In diesem Jahre erfand Daniels (V. St.) einen verbesserten automatischen Haspel. E. H. Martin und E. Beavis bauten in Cleveland, Ohio, ein gut disponiertes Drahtwalzwerk mit schrittweise zunehmender Geschwindigkeit der Walzen, die durch Kegelradvorgelege bewirkt wurde [1]).

1887 führte W. Garret automatische Drahthaspel in den Vereinigten Staaten ein, wodurch die Produktion gesteigert wurde. Garrets verbesserter Haspel (Engl. Pat. Nr. 1605 vom 29. Januar 1889) bestand aus zwei Hälften, die, wenn der Draht aufgerollt war, auseinandergeschoben wurden, wodurch die Drahtrolle herunterfiel und durch eine Rinne auf einen Transportwagen geführt wurde. Verbesserte Drahthaspel liefsen sich ferner patentieren F. H. Daniels in Worcester (Engl. Pat. Nr. 6163 vom 25. April 1888), Ch. Hill Morgan [2]), Worcester (Mass., Engl. Pat. Nr. 1888 vom 17. Februar 1888) und Gustav Erkenzweig (D. R. P. Nr. 46636 vom 21. Juli 1888).

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1889, S. 181.
[2]) A. a. O. 1900, S. 75, Fig. 18, 19.

Digitized by Google

Am 1. Dezember 1887 starb Franz Karl Guillaume, Teilhaber der berühmten Firma Felten & Guillaume in Köln[1]), die sich besonders um die Fabrikation von plattiertem Draht für elektrische Kabel grofse Verdienste erworben hatte.

1889 nahmen Eduard und Jos. Louis Martin in Paris Patent auf ein verbessertes Walzverfahren für kupferplattierten Eisendraht für elektrische Leitungen. Sie gossen um Draktknüppel Kupfercylinder in der Weise herum, dafs auf beiden Seiten der Drahtknüppel um ein Viertel seiner Länge hervorragte, und walzten dann wie gewöhnlich aus. Durch die gröfsere Streckung des Kupfers wurde doch der ganze Draht davon bedeckt.

Wie grofsartig sich in den Vereinigten Staaten von Amerika die Stacheldrahtfabrikation entwickelt hatte, erhellt daraus, dafs es 1888 bereits 44 Fabriken mit 2190 Maschinen gab. Den Verbrauch schätzte man auf 150000 Tonnen.

Seit 1888 war der Kampf zwischen saurem und basischem Flufseisen zu Gunsten des letzteren, das wegen seiner Weichheit sich leichter kalt ziehen liefs, indem es dabei nicht hart wurde wie das Bessemereisen, entschieden. Dafs weicher Draht die Wärme und Elektrizität besser leitet und zwar im Verhältnis 5:3, hat Fr. Kohlrausch 1888 nachgewiesen.

In Deutschland[2]) gofs man meist Blöcke von kleinem Querschnitt, die in einer Hitze bis auf 40 bis 60 mm ausgewalzt wurden, während man in Amerika dicke Blöcke erst bis auf 80 bis 100 mm, dann erst in einer zweiten Hitze auf 40 bis 60 mm auswalzte.

1888 wurden viele verbesserte Drahtwalzwerke, z. B. von Charl. Morgan, Karl Sunstrom, Williams und Edwin Lenox erfunden. Richard Pellenz in Köln liefs sich eine Drahtrichtvorrichtung (D. R. P. Nr. 17283), die aus drei festen und zwei losen Rollen bestand, patentieren. Ein sehr gut eingerichtetes kontinuierliches Drahtwalzwerk war zu Domnarfvet in Schweden. R. M. Daelen sen. hatte sich in den letzten Jahren seines Lebens mit der Idee der unmittelbaren Stichfolge bei Drahtwalzen und entsprechend zunehmender Geschwindigkeit beschäftigt[3]) und wurde ein solches Walzwerk von Gebr. Klein in Dahlbruch für die Stahlgesellschaft von Longwy zu Mont St. Martin ausgeführt. Das Führungsrohr, welches den Draht

---

[1]) Das Unternehmen war 1824 von Joh. Theodor Felten und Franz H. Guillaume gegründet worden. Ursprünglich Hanfseilerei, nahm es 1882 die Drahtseilfabrikation auf und legte 1859 ein Drahtwalzwerk an.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1894, S. 845.

[3]) Siehe Stahl und Eisen 1889, Nr. 3, S. 177.

Digitized by Google

von einem Walzenpaare zum anderen führte, bestand aus einem festen Unterteil und einem entsprechenden beweglichen Oberteil. Zum Scheuern und Putzen des Drahtes verwendete A. Guttmann ein Sandstrahlgebläse.

Zu feinem Kratzendraht verwendete man Tiegelgufsstahl, der aus schwedischem Ingotstahl (Bessemerrohstahl) bereitet war. Das Härten geschah nach dem Patent von Ashworth Brothers von 1878 mit einer Gasflamme und Eintauchen in ein Ölbad. Die Gewehrfabrik von St. Etienne benutzte 1891 den elektrischen Strom zum Ausglühen des Stahldrahtes.

In den Jahren 1891 und 1892 wurden namentlich in Amerika verschiedene neue Patente für das Auswalzen des Drahtes in einer Hitze erteilt [1]). Der Grundgedanke war auch hier die Anlage mehrerer zweckmäfsig disponierter Walzenstrafsen mit zunehmender Geschwindigkeit und selbstthätiger Umführung des Drahtes. H. Roberts erfand dazu noch eine mit Rinnen versehene schiefe Ebene, die den Hakenjungen überflüssig machte. In Österreich konstruierte Direktor Turk zu Kapfenberg ein solches Walzwerk, das 1892 auf der Margarethenhütte des Herrn Pengg zu Thörl ausgeführt wurde.

Wie schon erwähnt, trug die Einführung der Drahtseilbahnen zur Steigerung des Drahtbedarfs bei. Der Grundgedanke der Drahtseilbahnen ist alt. In Deutschland hatte Bergrat Freiher von Dücker die Anregung dazu gegeben. Zu Anfang der siebziger Jahre bauten Theodor Otto und Adolf Bleichert zu Schkeuditz bei Leipzig die ersten gröfseren Drahtseilbahnen. Nachdem diese sich 1876 getrennt hatten, vervollkommnete besonders Otto seine Konstruktion. Aufser diesen erwarb P. Pohlig in Köln sich Verdienste um den Bau von Drahtseilbahnen. Im Jahre 1875 wurden in Deutschland und Österreich 1500 solcher Bahnen ausgeführt.

Die amerikanische Drahterzeugung entwickelte sich rasch und betrug 1892 schon 637875 Tonnen. In dem Drahtwalzwerk der Illinois Steel Company in Joliet kamen 1897 die warmen vorgeblockten Stücke von der Blockstrafse in die Vorstrafse des kontinuierlichen Walzwerks und dann in zwei Garretstrafsen, wo sie fertig gewalzt wurden. Die Erwärmung geschah in zwei kontinuierlichen Öfen und wurden in der Schicht 200 Tonnen Draht erzeugt [2]).

In dem neuen Drahtwalzwerk der Ashland Stahlgesellschaft von

---

[1]) Daselbst 1891, S. 503, 510, 1018; 1892, S. 130.

[2]) Siehe Eisen und Stahl 1897, S. 429.

Digitized by Google

1898 [1]) geschahen alle Zwischenarbeiten automatisch. Die Leistung betrug angeblich 350 Tonnen den Tag. Um die weitere Entwickelung der amerikanischen Drahtindustrie machten sich W. Garret, F. H. Daniels, C. H. Morgan, Baackes, Fitsch u. s. w. verdient. In Deutschland veröffentlichte Edm. Weber in Obercassel bei Bonn Vorschläge über zweckmäfsige Anlagen von Drahtwalzen [2]).

Von den vielen sonstigen Verbesserungsvorschlägen in den neunziger Jahren erwähnen wir noch W. Hänels Einrichtung zum Giefsen kleiner Blöcke und zum gleichzeitigen Walzen von zwei und mehr Drähten 1891 (D. R. P. Nr. 60309), C. Bremickers Drahtziehmaschine zum Ziehen des Drahtes durch mehrere Zuglöcher in einem Zuge (D. R. P. Nr. 77146, 85473), P. Kriegers Drahtwalzenanlagen mit zwei oder mehreren Gruppen von Fertigwalzen 1894 (D. R. P. Nr. 87463), die Drahtführungen und Führungsrinnen von Polte in Remscheid (D. R. P. Nr. 69722) und von Paul Schrader in Witten (D. R. P. Nr. 75140, 75560); ferner ein Verfahren von C. W. Bildt für Abkühlung des Drahtes bis zu einem gewissen Grade in einem Wasserbade nach seinem Austritt aus der Fertigwalze, das Glühen des Ziehdrahtes unter Luftabschlufs in einer in einem Flammofen liegenden langen Röhre von H. Talbot (Engl. Pat. Nr. 229 vom 6. Januar 1891). H. A. und W. Dresler in Creuzthal liefsen sich 1893 zuerst das Blankglühen von bewegtem Draht mittels Elektrizität anstatt des Beizens patentieren (D. R. P. Nr. 78986).

W. Holland jun. erfand 1895 in England ein Verfahren gleichmäfsiger elektrischer Erwärmung des Drahtes (D. R. P. Nr. 82662). Einen verbesserten Glühtopf liefs sich W. Frese in Dortmund 1895 patentieren (D. R. P. Nr. 86445).

Mechanische Drahthaspel wurden erfunden von M. Baackes, Cleveland (V. St.), von C. Clifford, von Ch. E. Matteson, von H. Roberts (1888, D. R. P. Nr. 47629/30), von P. L. Day (D. R. P. Nr. 57113), von A. Tatro 1890 (Amer. Pat. Nr. 451081), von H. Gedge (Amer. Pat. Nr. 458572), von V. Albis 1891 (Amer. Pat. Nr. 478760), von W. Edenborn 1892 (D. R. P. Nr. 73100 und 85474); 1894 von Kilmer (Amer. Pat. Nr. 501521), J. Stevenson und Ch. J. Johnson (Amer. Pat. Nr. 520942) und von der Österreichisch-Alpinen Montangesellschaft (D. R. P. Nr. 73481); 1895 von Otto Frank (D. R. P. Nr. 85670), Carl Mayberg in Witten (D. R. P. Nr. 87019 und 87020).

---

[1]) A. a. O. 1899, S. 316.
[2]) A. a. O. 1900, S. 91, 421.

Digitized by Google

Eine Drahtziehmaschine zum Ziehen des Drahtes durch mehrere Löcher in einem Zuge erfanden aufser Bremicker W. Körnlein in Nürnberg (D. R. P. Nr. 87799, 96587), L. Heyenberg in Riga 1898 (D. R. P. Nr. 105721) und Ch. C. Baldwin in Amerika (D. R. P. Nr. 106455). Einen automatischen Schweifsofen erfand Alex. Laughlin (V. St.). Ch. C. Baldwin nahm 1899 ein Patent (D. R. P. Nr. 108890) auf eine Spulvorrichtung für Drahtziehmaschinen mit selbstthätiger Geschwindigkeitsregulierung der Spule.

Hülfsmaschinen für den Walzwerksbetrieb.

Wenn das mehr oder wenig heifse Walzprodukt aus den Walzen kommt, ist es noch nicht fertige Handelsware. Hierfür bedarf es noch mancherlei Zurichtungsarbeiten (adjustage). Es mufs glühend oder kalt auf bestimmte Längen abgeschnitten oder abgesägt werden. Es mufs gerade gerichtet werden, entweder mit der Hand oder durch Richtmaschinen. Die Fortschritte dieser Vorrichtungen gehören zwar mehr in die Geschichte des Maschinenbaues, doch sind diese Specialmaschinen so unentbehrlich für den Walzwerksbetrieb, dafs einige kurze Notizen nicht zu umgehen sind.

Zum Transport des heifsen Walzgutes dienen in ausgedehntem Mafse mechanisch angetriebene Rollbahnen, die man neuerdings auch fahrbar macht.

Zum Zerschneiden verwendet man Heifs- oder Kaltsägen und Scheren. Das Zerschneiden der Flufsstahlblöcke und Panzerplatten erfordert eine hohe Kraftleistung.

Ein sehr wichtiges Hülfswerkzeug für die Walzindustrie sind die Scheren, die ebenfalls seit 1870 den gesteigerten Anforderungen entsprechend vervollkommnet worden sind. Der Fortschritt liegt auch hier besonders in der Verwendung des Wasserdruckes, welcher wie für die Prefshämmer so für die Scheren, die viel Kraft bei ruhiger Bewegung verlangen, ganz besonders geeignet ist. Deshalb sind auch Schere und Prefshammer bisweilen verbunden. Twedell[1]) erfand 1878 eine hydraulische Schere, die zugleich als Lochmaschine verwendet werden konnte.

Die Hebelscheren wurden vielfach durch hydraulische Parallelscheren verdrängt. Zum Schneiden von zu verzinnendem Schwarzblech liefs sich Daniel Edwards in Morriston 1889 eine Doppel-

[1]) Siehe Dinglers Polyt. Journ., Bd. 229, S. 503.

Digitized by Google

schere, die auf einem Rahmen befestigt war, zur Erzielung paralleler Seitenkanten patentieren (Engl. Pat. 1889, Nr. 12790). Sehr starke Parallelscheren mit hydraulischem Antrieb dienten als Blockscheren. Eine solche mit direkter Übertragung des Dampfdrucks auf Wasser konstruierte R. M. Daelen 1884, die in Seraing zum Kaltschneiden statt Säge verwendet wurde. Als Blockschere wurde sie 1887 von Breuer & Schumacher in Köln gebaut[1]).

Eine von der Dortmunder Maschinenfabrik Wagner & Co. 1884 ausgeführte Blockschere hatte horizontalen Antrieb mittels zweier Dampfcylinder. Eine 1886 von Ed. Böhme[2]) in Breslau patentierte hydraulische Blockschere (D. R. P. Nr. 8373) war der von Twedell ähnlich. Eine Blockschere für Druckwasserbetrieb konstruierte J. Copeland 1887. Den Grob- und Façoneisenscheren wurde das Eisen vielfach automatisch durch Rollentische zugeführt.

Eine starke hydraulische Blockschere, von Tannet und Walker in Leeds für das Blochairn Stahlwerk bei Glasgow gebaut, zerschnitt (1886) die von 510 × 760 auf 203 × 660 mm herabgewalzten Stahlblöcke. Der hydraulische Druck des Kolbens auf das Messer betrug 560000 kg oder 155 kg auf den Quadratcentimeter.

1888 war die stärkste hydraulische Blockschere auf den Homestead Works von Carnegie, Phipps & Co. zu Munhall bei Pittsburg[3]). Sie war von der Morgan Engineering Co. zu Alliance, Ohio, gebaut, hatte eine Schnittfläche von 600 × 1200 mm, der Durchmesser des Kolbens betrug 1066 mm, der Wasserdruck 280 Atmosphären.

Eine riesige Blechschere von 70 Tonnen Gewicht kam Ende der achtziger Jahre zu Springfield (V. St.) in Betrieb. Sie konnte Stahlplatten von 2500 mm Länge und 30 mm Dicke auf einmal schneiden.

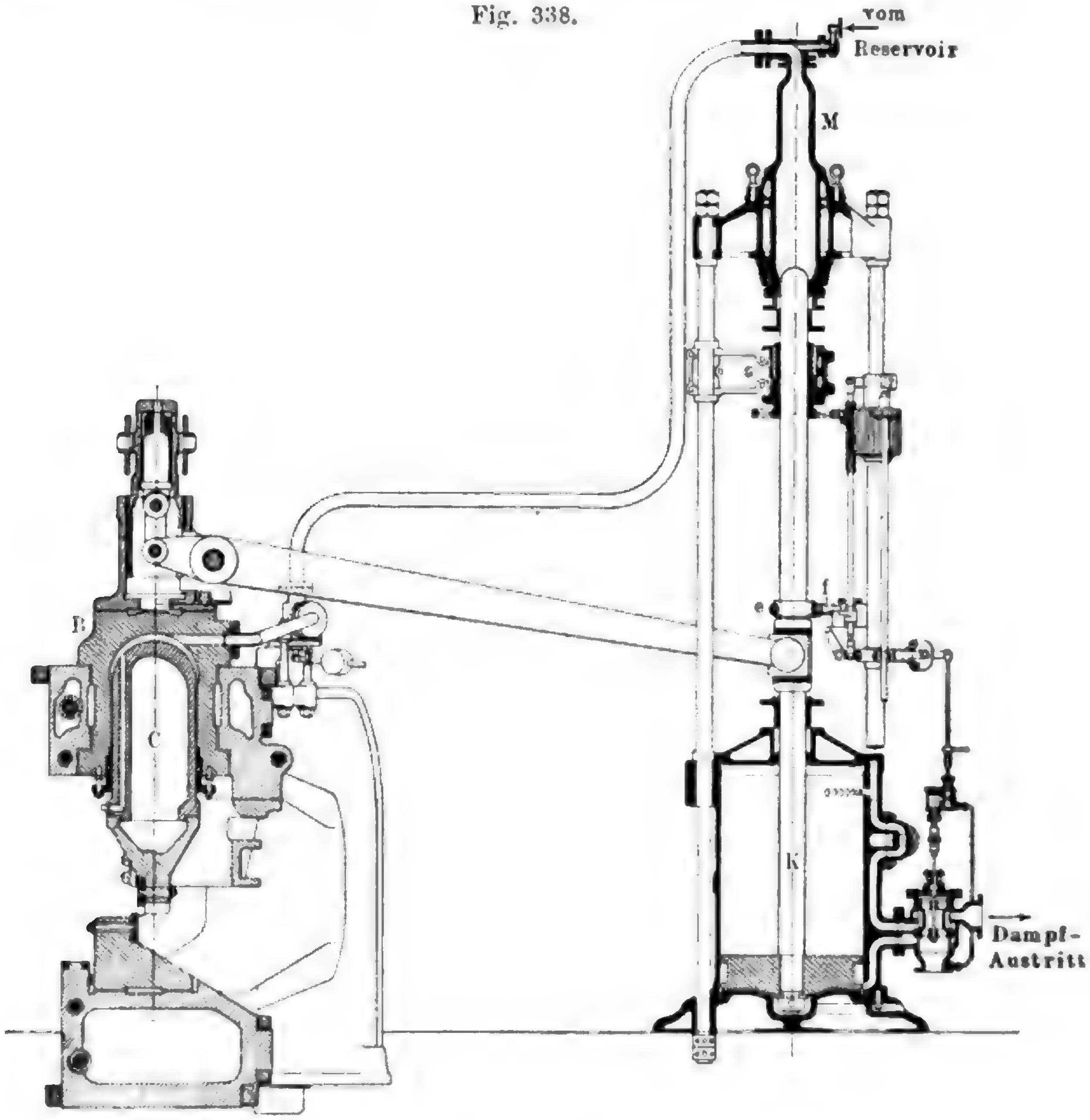
Eine grofse Blechschere für Dampfbetrieb baute die Friedrich-Wilhelmshütte bei Mülheim a. d. Ruhr damals für Schulz, Knaudt & Co. in Essen[4]). Noch stärker war die von Kitson (1889) angeführte englische Schere von Buckson & Co., welche Stahlplatten von 50 mm Dicke mit Messern von 3,3 m Länge zu 2,3 m breiten Platten mit einem Hub schnitt und die von Bolkow, Vaughan & Co. für 50 mm dicke Platten mit 1,5 m Schnittlänge. Der hydraulische Antrieb gestattet die direkte Übertragung der Kraft ohne Wellen, Lager und Zahnräder, jeder Hub ist leicht verstellbar, was leicht durch Selbst-

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1887, S. 308.
[2]) Daselbst S. 352.
[3]) Iron Age vom 18. Oktober 1888; Stahl und Eisen 1889, S. 23.
[4]) Siehe Stahl und Eisen 1889, S. 919.

Digitized by Google

steuerung bewirkt werden kann. Als Beispiel hierfür führen wir eine neuere Blechschere mit hydraulischem Antrieb, Selbststeuerung und verstellbarem Messerhub, welche 1896 von der Duisburger Maschinenfabrik, vormals Bechem & Keetmann in Duisburg, welche in Fig. 338[1]) abgebildet ist, an. Die Dampfkolbenstange *K* ist in

Fig. 338.



ihrer Verlängerung als Plungerkolben des Druckcylinders *M* ausgebildet. Der Plunger *C* des Prefscylinders *B* ist unmittelbar mit dem Schlitten des Obermessers der Schere verbunden. Die Selbststeuerung wird durch den Ring *e* und den Daumen *f* von der Kolbenstange *K* bewegt.

Die direkte Verbindung von Scherenschneide und hydraulischem Kolben hatte Ernst Naylor, Cleveland (Ohio), schon 1892 bei seiner

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1896, S. 405, Abbildung Taf. XI, Fig. 3.

Digitized by Google

Schere angebracht[1]). Auf diesem Princip beruhte auch H. Aikens hydraulische Schere (Amer. Pat. Nr. 545 759).

Eine von Mackintosh, Hemphill & Co., in Pittsburg auf dem Blechwalzwerk der Bethlehem-Eisengesellschaft 1897 in Betrieb befindliche hydraulische Blockschere[2]) zerschnitt Brammen von 508 × 1218 mm.

Man giebt bei Blockscheren für quadratischen Querschnitt öfter der horizontalen Bewegung der Messer den Vorzug vor der vertikalen. In nicht seltenen Fällen hat man Schere und Prefswerk verbunden[3]). Zum Schneiden von Profileisen gab man vielfach den Scherenmessern entsprechende Gestalt, oder man setzte dieselben aus mehreren verstellbaren Teilen zusammen.

Kreisscheren kamen besonders bei der Blechfabrikation zum Schneiden von Tafeln von unbegrenzter Länge auf bestimmte Breite zur Anwendung. Das Blech liegt dabei auf einem fahrbaren Tische, der mit verstellbarem Lineal versehen ist und sich den Scheren entgegenbewegt. La Verne W. Noyes in Chicago nahm 1889 ein deutsches Patent (D. R. P. Nr. 48 788) auf eine Cirkularschere.

Kreissägen dienten bei Krupp in Essen (1891) zum Beschneiden der Panzerplatten. Die mit den Walzwerken verbundenen Kreissägen zum Abschneiden der Enden des Profileisens und zum Zuschneiden auf feste Längen sind meist Heifssägen. Kaltsägen mit verschiebbarem Sägeblatt hat H. Ehrhardt in Düsseldorf zu Anfang der achtziger Jahre konstruiert[4]); desgleichen eine Kaltsäge mit doppelter Abfallschere und Richtmaschine. Er verband 1888 fünf Profile zu einem Gatter. Heifssägen mit verschiebbarem Kreissägeblatt hat z. B. Otto Froriep in Rheydt, Rheinprovinz, gebaut[5]).

Als ein weiteres Hülfswerkzeug der Walzindustrie müssen die Richtpressen und Richtmaschinen besonders für Schienen genannt werden. R. M. Daelen erfand 1877 eine Universalrichtpresse für Façoneisen (D. R. P. Nr. 109)[6]); ebenso erfand Heinrich Ehrhardt in Düsseldorf Richtmaschinen für verschiedene Profile[7]).

Die Fortschritte, welche bei den übrigen Metallbearbeitungs-

---

[1]) Daselbst 1892, S. 1005.

[2]) Iron Age vom 21. Januar 1897; Stahl und Eisen 1897, S. 215.

[3]) Siehe Stahl und Eisen 1896, S. 406.

[4]) Siehe J. Weisbach, Ingenieur- und Maschinenmechanik.

[5]) Siehe A. Ledebur, Lehrbuch der mechanisch-metallurgischen Technologie 1897, S. 529.

[6]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1878, S. 183, Taf. IV, Fig. 20, 21.

[7]) Siehe Stahl und Eisen 1883, S. 461.

Digitized by Google

maschinen als Lochstanzen, Bohrmaschinen, Fräsmaschinen, Dreh- und Hobelbänke, Nietmaschinen, Präg- und Ziehpressen, Gesenken, Pumpen und Prägen gemacht worden sind, gehören mehr in die Geschichte des Maschinenbaues als der Eisenhüttenkunde; wir begnügen uns deshalb, auf die neueste Auflage des Lehrbuchs der mechanisch-metallurgischen Technologie von A. Ledebur (Braunschweig 1897) zu verweisen. Manche dieser Hülfswerkzeuge, besonders Bohrmaschinen, werden jetzt durch Elektromotoren betrieben, namentlich bei Montage oder bei sehr schweren Stücken.

Dagegen verdienen die Fortschritte der Formgebung durch Schweifsung als eine metallurgische Operation hier noch eine kurze Besprechung.

Flufseisen schweifst schwerer als Schweifseisen, welch letzteres von seiner Schweifsbarkeit benannt ist. Die Schweifsbarkeit des Flufseisens bildete besonders zu Anfang der achtziger Jahre einen Gegenstand lebhafter Erörterungen. Die Schwierigkeit desselben wurde vielfach übertrieben, teils aus Unkenntnis der richtigen Behandlung, teils aus Geschäftsinteresse seitens der Schweifseisenfabrikanten. Dafs gutes Flufseisen bei richtiger Behandlung sehr gut schweifst, ist heutzutage eine anerkannte Thatsache. Auf die Schweifsbarkeit des Flufseisens üben allerdings die fremden Beimengungen einen grofsen Einflufs aus. Dies hat unter anderen Daniel Adamson 1879 nachgewiesen, nach dessen Erfahrungen Stahlbleche nicht über 0,125 Prozent Kohlenstoff, 0,040 Schwefel und Phosphor und 0,100 Silicium enthalten dürfen, um sich noch gut schweifsen zu lassen. Weitere Untersuchungen in den folgenden Jahren ergaben, dafs alle Nebenbestandteile des Eisens seine Schweifsbarkeit verringern.

Der Kohlenstoff setzt den Schmelzpunkt des Eisens herab, vermehrt aber seine Krystallisation und macht das Eisen in der Hitze brüchig. Mangan, Chrom und Wolfram erhöhen den Schmelzpunkt des Eisens, erhöhen auch seine Festigkeit in der Hitze, wirken aber durch ihre eigene Unschmelzbarkeit nachteilig auf die Schweifsung ein. Phosphor wirkt ähnlich wie Kohlenstoff, aber in noch höherem Mafse ungünstig. Silicium verursacht Heifsbruch und vermindert die Schweifsbarkeit. Schwefel veranlafst Saigerung und bewirkt Störungen.

Die Frage der Schweifsbarkeit erschien so wichtig, dafs der Verein zur Beförderung des Gewerbefleifses in Preufsen eine besondere Kommission einsetzte, die eine Reihe von Versuchen im Moabiter

Digitized by Google

Eisenwerk anstellte und im Jahre 1882[1]) Bericht erstattete. Sie kam zu dem sehr ungünstigen Ergebnis, dafs eine jede durch Schweifsung hergestellte Verbindung auch bei der gröfsten Sorgfalt des Schmiedes unzuverlässig ist. Deswegen sind aber Schweifsverbindungen durchaus nicht immer weniger fest als die ungeschweifste Masse: gut geschweifste und gehämmerte Verbindungsstellen zeigen öfters eine Festigkeit bis zu 100 Prozent.

Wedding und Ledebur hoben die Wichtigkeit der chemischen Zusammensetzung des zu schweifsenden Flufseisens hervor. Letzterer fand die durchschnittliche Zusammensetzung von

	Silicium	Phosphor	Kohlenstoff	Mangan	Andere Elemente
schweifsbarem Flufseisen . .	0,01	0,11	0,14	0,04	0,28
nicht schweifsbarem Flufseisen	0,11	0,15	0,22	0,19	0,29

Weddings Angabe, dafs ein Siliciumgehalt die Schweifsung befördere, wurde von Anderen bestritten. Nach Wedding ist die molekulare Anordnung von gröfserem Einflufs als der Kohlenstoffgehalt.

Die Schweifsbarkeit kommt zunächst bei der Vorarbeit zur Schweifseisenfabrikation, sodann aber in tausenderlei Verwendung zur Herstellung geschweifster Gegenstände in Betracht.

Dafs die Art der Ausführung der Schweifsung von gröfserem Einflufs ist, bedarf kaum der Erwähnung. Krupp erfand gegen Ende der siebziger Jahre eine besondere Vorrichtung zum Schweifsen von Blech und Flacheisen, deren Wesen darin bestand, dafs die Schweifsstelle auf ihre ganze Länge gleichmäfsig und nur einmal erhitzt und dann geschweifst wurde, und dafs das zu schweifsende Stück beim Wärmen und Schweifsen in derselben Lagerung verblieb. Die Gleichmäfsigkeit der Erhitzung der Schweifsnaht suchten verschiedene Erfinder durch Gasheizung mit entsprechend verteilten Brennern zu erreichen. Dafs auch in dieser Periode zahllose Schweifspulver erfunden wurden, ist selbstverständlich. Wir erwähnen hier nur ein Schweifspulver von Rust (1879) für englischen Gufsstahl: 61 Tle. Borax werden mit $17\frac{1}{2}$ Tln. Salmiak im Krystallwasser des ersteren geschmolzen und dann Blutlaugensalz und Kolophonium eingerührt bis zur Dicke eines Breies. Alsdann wird die Masse auf eine eiserne

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1882, II, S. 470.

Digitized by Google

Platte ausgegossen, nach dem Erkalten pulverisiert und das so erhaltene Pulver auf die Schweifsstelle aufgestreut.

Von den vielen durch Schweifsung hergestellten Gegenständen erwähnen wir die spiralgeschweifsten Rohre, nach Art der alten Büchsenläufe, die für Dampf- und Luftleitungen in dieser Periode Bedeutung erlangten. Sie wurden 1877 in Amerika hergestellt mit einer Maschine, die aber mangelhaft war und später von Green und Leybold verbessert wurde. 1894 gelang es Ehrhard in Düsseldorf, gute spiralgeschweifste Rohre herzustellen, wozu er Schweifseisenblech in Streifen von 157 mm Breite und 2 bis 6 mm Dicke verarbeitete.

Ein wichtiger und grofser Fortschritt war die Erfindung der elektrischen Schweifsung, weil bei dieser die gröfste Intensität und Gleichmäfsigkeit der Erhitzung ohne den nachteiligen Einflufs der chemischen Einwirkung eines Brennmaterials erreicht wird.

Der Amerikaner Elihu Thomson war der erste, dem dies gelang. Nachrichten darüber kamen 1887 zuerst nach Europa. Allgemeine Aufmerksamkeit zog die Erfindung aber erst auf der Pariser Weltausstellung 1889 auf sich, wo Thomsons Schweifsapparat ausgestellt war und vorgeführt wurde. Das Verfahren ist nach dem Wortlaut des deutschen Patentes (D. R. P. Nr. 58737 vom 18. Nov. 1890)[1]) folgendes:

Die zusammenzuschweifsenden Stücke werden in die leitenden Klemmen derart befestigt, dafs sie sich ohne nennenswerten Druck berühren; alsdann wird ein elektrischer Heizstrom von mäfsiger Stärke durch sie hindurchgeschickt. Die Zeitdauer dieses Stromes richtet sich nach der Gröfse der Stücke und nach der Anzahl der Stromwechsel, sowie nach der Druckstärke, die man bei Ausführung der Arbeit in Anwendung bringt. Der Strom wird alsdann entweder ganz unterbrochen oder doch bedeutend abgeschwächt, so dafs die Wärmezunahme in den Stücken aufhört, und hierauf werden die letzteren einem mechanischen Drucke unterworfen, um sie innig gegeneinander zu pressen. Nachdem dieser Druck wieder aufgehoben oder doch bedeutend verringert worden ist, wird der Heizstrom wieder in Wirkung gebracht, und dann nach Erzeugung der erforderlichen Hitze wiederum unterbrochen, um durch nachfolgenden Druck ersetzt zu werden. Auf diese Weise werden Heizstrom und Druck in stetigem, schnell aufeinanderfolgendem Wechsel zur Anwendung gebracht, bis die Schweifsung beendet ist.

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1891, S. 931.

Digitized by Google

In der Regel geschieht die Schweifsung mittels Transformatoren, die mit den Schweifsmaschinen verbunden sind.

1888 hatte sich bereits in Amerika die Thomson Electric Welding Company, welche Schweifsmaschinen an verschiedene Eisenwerke lieferte, gebildet. 1889 entstand in London und zwar in Fanshaw Street, Hoxton, eine Schweifsanlage, die gute Resultate erzielte[1]).

Bald nach dem Bekanntwerden des Thomsonschen Glühschweifsverfahrens tauchte eine zweite Erfindung der elektrischen Schweifsung von Nicolas von Bernados in St. Petersburg (D. R. P. Nr. 46 776 vom 21. Januar 1888), welche auf der Benutzung der Hitze des elektrischen Lichtbogens begründet war, auf. Bei der Ausführung[2]) wird das Werkstück an der Schweifsstelle mit dem negativen Pol einer Gleichstromquelle verbunden, den anderen Pol bildet ein Kohlenstift, wie er bei den Bogenlampen Verwendung findet; dieser wird über die andere Seite der Schweifsstelle hingeführt. In der zwischen 2000 und 4000° C. betragenden Temperatur des Flammenbogens schmilzt das Metall an dem Verbindungspunkte ungemein rasch und findet die Vereinigung der Metallstücke dadurch statt. Da die Erkaltung bei dem Zurückziehen des Stiftes sofort erfolgt, so wird dadurch der Fortgang der Arbeit sehr gefördert. Dieses Lichtbogenschweifsverfahren fand alsbald besonders auf dem europäischen Kontinent eifrige Fürsprecher, die es als dem Thomsonverfahren überlegen verkündeten, und so fand dasselbe namentlich auch in Deutschland rascher Eingang als das elektrische Glühschweifsen. Es ist klar, dafs das Bernadosverfahren auch einige Vorzüge vor jenem besitzt: die Schweifsung kann an Ort und Stelle ausgeführt werden, ohne dafs man das Arbeitsstück an eine Maschine heranzubringen braucht, sodann lassen sich längere Schweifsnähte auf bequeme Art herstellen. Dagegen zeigte es sich sehr bald, dafs das Verfahren sehr geschickte und geübte Arbeiter erfordert, und dafs es trotz dieser nicht immer gelingt, die Stromwirkung richtig zu regulieren und sehr leicht das Eisen durch zu grofse Hitze an der Schweifsstelle verbrennt.

Es ist überhaupt ein Nachteil des elektrischen Schweifsens, dafs das Metall an der Schweifsstelle überhitzt wird, schmilzt und dadurch eine Gefügeveränderung erleidet, die in den meisten Fällen eine Brüchigkeit der Schweifsstelle zur Folge hat, wodurch besonders die Biegefähigkeit beeinträchtigt wird. Bei dem Bernadosschen Verfahren ist dies ganz besonders der Fall, weil hier immer eine Ver-

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1890, S. 171.

[2]) Daselbst 1892, S. 257.

Digitized by Google

flüssigung des Metalls an der Schweifsstelle eintritt. Eduard Blafs in Essen liefs sich 1886/87 ein elektrisches Schweifsverfahren patentieren (D. R. P. Nr. 30011 und Nr. 46550), wobei er Metalle, die eine grofse Verwandtschaft zum Sauerstoff haben (Rb, Cr, Mg), an die Schweifsstelle zur Reduktion des entstehenden Eisenoxyds einfügt.

Die grofsen Hoffnungen, die man auf die elektrische Schweifsung der Blechplatten bei der Dampfkesselfabrikation an Stelle des Nietens hegte, haben sich aus dem angeführten Grunde nicht erfüllt, und man ist vorläufig z. B. ganz davon abgekommen, dieses Verfahren für die Herstellung von Dampfkesseln zu verwenden. Dagegen bleibt noch ein grofses Feld für die Verwendbarkeit der elektrischen Schweifsung übrig.

Die beiden beschriebenen Methoden wurden deshalb in der Folge weiter entwickelt und verbessert und es trat noch eine neue Verfahrungsweise hinzu. Es war dies das sogenannte hydroelektrische Verfahren, das 1892/93 von den belgischen Ingenieuren Lagrange und Hoho erfunden und in Gemeinschaft mit dem Direktor der Brüsseler Elektrizitätsgesellschaft, Ed. Julien, ausgearbeitet wurde[1]). Es besteht in der Durchleitung des elektrischen Stromes durch Wasser, wobei mit einem viel schwächeren Strom als bei dem Thomson-Verfahren eine raschere und stärkere Erhitzung des Metallstückes erreicht wird. Diese Erscheinung beruht auf der raschen Zersetzung des Wassers in seine Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff, wobei letzterer die Kathode ganz einhüllt und dem Durchgang des elektrischen Stromes einen so grofsen Widerstand leistet, dafs dadurch eine sehr starke Wärmeentwickelung entsteht. Die Anode wird dabei in der Regel durch eine Bleiplatte von möglichst grofser Oberfläche gebildet, während man die Kathode als eine Zange mit Holzgriff konstruiert, mit der man das zu erhitzende Eisenstück fafst und in das Bad, welches aus verdünnter Kochsalz- oder Potaschelösung besteht, eintaucht. Das Metall erglüht in kurzer Zeit bis zur Weifsglut. Eine Spannung des elektrischen Stromes von etwa 150 Volt ist dabei völlig ausreichend. Die Ausnutzung der entwickelten Wärme ist bei dem elektrischen Verfahren viel günstiger als bei jeder anderen Art der Erhitzung.

Für die praktische Anwendung des elektrischen Schweifsens sind vielerlei Verbesserungen teils eingeführt, teils vorgeschlagen worden. Schon 1889 nahmen Ries und Henderson in Amerika ein Patent (Nr. 402168) für die elektrische Schweifsung eiserner Röhren auf

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1893, S. 530.

Digitized by Google

Grund von Thomsons Verfahren. Ferner erwirkten E. Thomson und A. Lynn ein Patent (D. R. P. Nr. 54140 vom 31. Dezember 1889), direkt Ringe und Räder auf Bolzen und Wellen zu schweifsen. Wichtige Verbesserungen der Transformatoren und Schweifsmaschinen für das Thomsonverfahren wurden von der Thomson Electric Welding Company in den Vereinigten Staaten erfunden und ausgeführt[1]). Die Schweifsung erfolgt unter gleichzeitigem oder nachfolgendem Hämmern. Zu dem Verfahren von Lagrange und Hoho nahm die Kalker Werkzeugmaschinenfabrik 1896 ein Verbesserungspatent darauf, dafs sie die zu schweifsenden Metallstücke erst in einem Schmiedefeuer anheizte.

Das elektrische Schweifsverfahren hat den Vorzug der Schnelligkeit, Sicherheit und grofser Lokalisierung, doch ist es in der Anwendung beschränkt durch den Querschnitt. Man hat bis 1892 massive Barren nicht über 62 mm Durchmesser schweifsen können. Vorzüglich geeignet ist das Verfahren zum Zusammenschweifsen von Drahtkabeln. Die elektrische Schweifsung macht in der Metallbearbeitung viele Operationen möglich, welche durch Schmieden nicht ausführbar sind. Auch ist das Zusammenschweifsen von Eisen und Stahl mit anderen Metallen dadurch sehr erleichtert.

Das Schweifsen mit dem elektrischen Lichtbogen nach Bernados Verfahren, in England auch Voltexverfahren genannt, eignet sich besonders für Reparaturen, namentlich im Schiffsbau, die oft nur auf diesem Wege ermöglicht werden[2]). Doch hat die Firma Lloyd & Lloyd, Coombs Wood Works in Halesowen in England das Verfahren bereits 1891 auch für die Fabrikation schmiede- und flufseiserner Röhren mit grofsem Durchmesser verwendet. Es hat sich öfter als vorteilhafter herausgestellt, bei dem Lichtbogenschweifsen beide Pole mit Kohlenstiften zu verbinden. Gesicht und Augen der Arbeiter müssen bei dem Schweifsen geschützt sein.

Coffins hat 1891 einen elektrischen Schweifs- und Schmelzofen konstruiert, der auf der Verwendung des Lichtbogens beruht. Zum Schweifsen und Löten nach dem Voltexverfahren bedient sich der Arbeiter eines Halters mit zwei um einen Winkel von 90° gestellten Kohlenelektroden. Den Halter hält der Arbeiter in der Hand. Der Lichtbogen wird durch einen Druckknopf gebildet und die eigens präparierten Kohlenstifte mit einer Mutterschraube nach-

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1892, S. 259.
[2]) Daselbst 1895, S. 1091.

Digitized by Google

geschoben. Kohle und Apparat liefert das Electrical Metal Working Sindicate [1]).

Die Benutzung der elektrischen Stromwärme ist auch da von besonderem Wert, wo es sich um eine vorübergehende Erhitzung handelt, wie dies namentlich bei der Stahlhärtung, z. B. bei der Härtung von Federn, Nadeln u. s. w., der Fall ist.

Eine eigene Art der Schweifsung zur Verbindung der Schienenstöfse hat die Milwaukee Rail joint and Welding Company 1897 eingeführt [2]). Die durch Sandstrahlgebläse gereinigten Schienenenden werden in eine Stahlform gepackt, erhitzt und mit flüssigem Stahl umgossen, wodurch sie fest vereinigt werden.

Auch die Gasschweifsung ist sehr vervollkommnet worden. Julius Pintsch, Berlin, zeigte auf der Pariser Weltausstellung einen mittels Wassergas geschweifsten cylindrischen Kessel von 20,2 m Länge und 1,83 m Durchmesser.

Ein ganz neues Schweifsverfahren ist das von Dr. Hans Goldschmidt in Essen erfundene Verfahren mit Aluminium, das aluminothermische Verfahren, mit dem man selbst abgebrochene Walzenzapfen anschweifsen soll [3]).

Wenn die Schweifsung in vielen Fällen nötig und nicht zu umgehen ist, so eignet sich das Flufseisen seiner Natur nach in hohem Mafse zur Herstellung nahtloser Gegenstände, wie wir dies z. B. bei dem Walzverfahren von Mannesmann schon kennen gelernt haben.

Ein weiteres Beispiel hierfür ist das von Heinrich Ehrhardt in Düsseldorf erfundene Lochverfahren zur Herstellung nahtloser Hohlkörper [4]) (D. R. P. Nr. 67921, 72573). Es geschieht dies durch Eintreiben eines genau centrierten Dorns in einen vierkantigen, heifsen Flufseisenblock in einer runden Matrize. Die gelochten Blöcke werden ausgewalzt. Auf diese Weise können Gewehrläufe, Projektile, Kohlensäureflaschen und nahtlose Röhren von grofser Festigkeit hergestellt werden. Das Einpressen des Dorns geschieht hydraulisch.

Von jeher war das Bedürfnis nach besseren Waffen ein starker Antrieb für die Vervollkommnung der Eisenindustrie, während umgekehrt erst die Verbesserung des Eisens die der Bewaffnung ermöglichte.

Die grofsen Fortschritte der Feuerwaffen seit 1870 sind haupt-

---

[1]) Electrician 1897, 4; Chem.-Ztg. 1897, Rep. 319.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 1135.
[3]) Daselbst 1891, S. 23.
[4]) Daselbst 1893, S. 473.

Digitized by Google

sächlich bedingt durch die Fortschritte der Güte und der Behandlung des Materials, des Tiegel- und Flufsstahls und der Herstellung nahtloser Rohre von hoher Festigkeit.

Das preufsische Zündnadelgewehr hatte sich in dem deutsch-französischen Kriege gegenüber dem Chassepotgewehr von nur 11 mm Kaliber als minderwertig bewiesen. Sofort nach Friedensschlufs führte man deshalb ein neues Gewehr (Mausergewehr — M. 71) von geringerem Kaliber und gröfserer Fluggeschwindigkeit des Geschosses ein. In dieser Richtung in Verbindung mit einer Steigerung der Ladegeschwindigkeit hat sich die Entwickelung der Handfeuerwaffen seitdem fortbewegt, wobei an das Stahlmaterial immer wachsende Anforderungen gestellt wurden. So betrug z. B. der Gasdruck in dem Ende der achtziger Jahre eingeführten Magazingewehr, Modell 88, von 8 mm Kaliber 3200 Atmosphären, was bei einer Wandstärke am Laufende von 5,5 mm eine Elastizitätsgrenze des Metalls von 68,7 kg auf den Quadratmillimeter erforderte. Die Mündungsgeschwindigkeit war 620 m. Seitdem sind noch kleinkalibrigere Geschosse von höherer Geschwindigkeit, die noch stärkeres Material verlangten, in den verschiedenen Staaten eingeführt worden, doch müssen wir uns mit diesen kurzen Bemerkungen hier begnügen und verweisen auf die Fachlitteratur[1]).

Die Verbesserungen der Handfeuerwaffen zwangen schon zu entsprechenden Verbesserungen der Geschütze, an die noch weitere Anforderungen durch die Verstärkung der Panzerung der Schiffe und Forts gestellt wurden. Auch hierfür bildeten das Material und die Behandlung desselben neben Gestalt und Konstruktion die wichtigsten Grundlagen. In letzterer Beziehung machte man die Geschütze, um die nötige gröfsere Schufsweite zu erzielen, schlanker, indem man das Geschützrohr verlängerte, das Kaliber verringerte. Was das Material für die Geschütze anlangt, so mufsten Gufseisen und Bronze gänzlich ausscheiden und kam nur noch Flufsstahl in Frage. Am besten bewährte sich nach wie vor Krupps Kanonenstahl. Durch Zusatz von Nickel erzielten H. Schneider in Frankreich, J. Riley in England, Carnegie, Phipps & Co. in Amerika und Fr. Krupp in Deutschland sehr gute Resultate. Riley erzielte mit 2 Prozent Nickelzusatz einen Stahl von 125 bis 151 kg pro Quadratmeter Zugfestigkeit und 7 Prozent Streckung.

Durch die Bearbeitung der Rohrblöcke, insbesondere durch die Behandlung derselben unter starken hydraulischen Pressen, be-

---

[1]) Eine Reihe vortrefflicher Aufsätze von J. Castner findet man in der Zeitschrift Stahl und Eisen 1892.

Digitized by Google

ziehungsweise Prefshämmern, wurde das Material noch wesentlich verbessert [1]).

Seit 1898 kamen bei der Feldartillerie die Schnellfeuergeschütze zur Einführung, deren Konstruktion mit den Magazingewehren Ähnlichkeit hatte und ein vorzügliches Material verlangt.

Mit der Umwandlung der Feldgeschütze ging die der Geschosse [2]) Hand in Hand. Nicht nur die gufseisernen Vollkugeln, sondern auch die gufseisernen Granaten sind verschwunden. An Stelle dieser traten dünnwandige, röhrenförmige Granaten und Schrapnells (Fernstreugeschosse) aus Stahl, die durch Schmieden, durch Stanzen und Pressen oder durch Schrägwalzen nahtlos hergestellt werden. Krupp verfertigte bereits Ende der siebziger Jahre solche Granaten. Das Mannesmannverfahren hat sich für diesen Zweck gut bewährt, ebenso das von H. Ehrhardt.

Die Gestalt der Geschosse änderte sich wesentlich. Um eine gröfsere Wirkung zu erzeugen, mufsten die Geschosse schwerer werden, was unter Beibehaltung des Durchmessers nur durch Verlängerung geschehen konnte. Man machte sie bis zu sechs Kaliber Länge, wodurch sie die Gestalt von länglichen Röhren, ähnlich wie Cigarren, erhielten. Die Härtung der Spitze oder des Kopfes der Geschosse ist, namentlich für die gegen Panzerplatten zur Verwendung kommenden, eine wichtige Sache, wofür zahlreiche Patente genommen worden sind.

Lafetten [3]) und Protzen werden jetzt ebenfalls nur noch aus Flufsstahl hergestellt. Das Holz ist verschwunden. Alle dickeren Teile werden aus Hohlkörpern hergestellt, besonders Achsen, Speichen und Radkranz. Auch hierfür hat sich Mannesmanns Schrägwalzverfahren bewährt. Gute Stahllafetten liefert das Grusonwerk (Friedrich Krupp) nach seinem Patent (D. R. P. Nr. 54029).

Für die schweren Geschütze — Belagerungs- und Schiffskanonen — hatte sich das von Armstrong zuerst praktisch durchgeführte Mantelsystem am besten bewährt und war auch Krupp dazu übergegangen, nachdem es sich gezeigt hatte, dafs entsprechend starke Massivrohre auch von tadellosem Stahlmaterial leichter dem Zerspringen ausgesetzt sind. Hierbei werden vorgewärmte Ringe oder Cylinder über das Seelenrohr gezogen, das sie nach dem Erkalten durch ihre Zusammenziehung so dicht umschliefsen, als ob Rohr und Ring ein Körper sei. Es ist dies eine Anwendung des Verbundprinzips, wie es beim

---

[1]) Weiteres ist in den Abhandlungen von J. Castner nachzulesen in Stahl und Eisen 1891.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1896, S. 500.
[3]) Daselbst 1898, S. 1069.

Digitized by Google

Hartgufs und bei den Panzerplatten zur Anwendung kommt, nur mit dem Unterschiede, dafs der zähere Ring mit dem härteren Rohre nicht eine Masse bildet, sondern nur mechanisch verbunden ist. Dafs dies in möglichst vollkommener Weise geschieht, ist die Aufgabe der Fabrikation. Friedrich Krupp ist dieses in hervorragender Weise gelungen und dieser Erfolg, in Verbindung mit seinem unübertroffenen Gufsstahlmaterial, hat den Weltruhm seiner Geschütze begründet.

Der Verlauf der Fabrikation ist kurz folgender: Der aus Tiegeln gegossene Stahlblock, der dicker sein mufs als das herzustellende Rohr, wird gründlich durchgeschmiedet. Dies geschah früher unter schweren Dampfhämmern, neuerdings unter Schmiedepressen von 5000 Tonnen Druck. Das Seelenrohr wird dann aus dem massiven Block gebohrt und abgedreht. Die Ringe werden aus vollen Blöcken durch Lochen und Ausschmieden über einen Dorn hergestellt. Nachdem sie sorgfältig auf den richtigen Durchmesser ausgedreht sind, werden sie auf etwa 500° C. erwärmt und über das wassergekühlte Seelenrohr geschoben. Nach dem Erkalten umschliefst der Ring das Seelenrohr so fest, dafs keine Gewalt ihn herunterschieben kann. Schwere Geschütze erhalten mehrere Ringlagen, die schwersten vier bis fünf.

Auch bei dem schweren Geschütz wurden Schufsweite und Treffsicherheit durch die Verlängerung des Rohres, die man bis auf 45 Kaliber steigerte, bedeutend erhöht. Die Gröfse der Geschütze für Belagerungszwecke, besonders aber für die Küstenverteidigung gegen gepanzerte Kriegsschiffe, ist eine aufserordentliche. 1898 wurden am Eingang des Hafens von New York 14 Geschütze aufgestellt von 15 m Rohrlänge, 0,406 m Bohrung und 128 Tonnen Gewicht. Das Hohlgeschofs dafür wiegt 1066 kg, die Schufsweite soll 25,7 km, die lebendige Kraft des Geschosses 18580 Metertonnen betragen.

Die Güte des Stahls ist von der gröfsten Wichtigkeit für die Geschütze. Krupp hat deshalb trotz der hohen Kosten unentwegt an dem Tiegelgufsstahl für Herstellung der Geschützrohre festgehalten und denselben nur noch durch einen Zusatz von Nickel verbessert.

Fast noch wichtiger ist die Materialfrage bei den Geschossen, besonders denjenigen, welche gegen Panzerplatten zur Verwendung kamen. Gufseisen konnte hierbei nicht mehr in Frage kommen. Selbst die vorzüglichen Grusonschen Hartgufsgranaten genügten nicht mehr bei der gesteigerten Anfangsgeschwindigkeit und dem Widerstand der gehärteten Stahlpanzerplatten. Auch hier behauptete der Stahl allein das Feld. Krupp gelang es, vorzüglich geschmiedete und gehärtete

Digitized by Google

Stahlgeschosse herzustellen, welche Kompoundpanzerplatten glatt durchschlugen. Holtzer in Frankreich lieferte Chromstahlgeschosse von vorzüglicher Härte. Die schweren Granaten von Holtzer in Unieux und von Firminy wurden aus geschmiedetem Stahl mit Chromstahlspitzen hergestellt. Die Überlegenheit war auf Seite dieser Geschosse, bis die gehärteten Nickelpanzerplatten zur Anwendung kamen. Schneider in Creusot brachte Molybdän- und Wolframstahl in Vorschlag.

R. A. Hadfield in Sheffield bereitet einen harten Stahl für Geschosse durch Zusatz von Kohlenstoff, Chrom, Nickel, Silicium und Aluminium. Die gegossenen Kugeln werden geschmiedet, bei etwa 870° C. ausgeglüht, dann fertig bearbeitet und die auf 800 bis 900° C. erhitzte Spitze in Wasser oder Öl abgelöscht (Engl. Pat. Nr. 27754, 27755 vom 25. November 1897). Nach Sir Williams[1]) macht man jetzt Stahlgeschosse, die eine Stahlschicht durchschlagen, welche einer 1 m dicken Schweifseisenplatte entsprechen würde.

Die schnellfahrenden Torpedoboote gaben die Veranlassung zur Einführung von Revolverkanonen und die schnellfahrenden Kreuzer zur Einführung von Schnellfeuerkanonen für die Schiffs- und Küstenartillerie, wobei die Kugeln mit Kartuschen, wie bei den Gewehrpatronen, verbunden wurden. Hierdurch wurde erst das Schnellladen ermöglicht. Gleichzeitig versah man die Lafetten mit hydraulischen oder Federbremsen zur Aufhebung des Rücklaufes. Diese Schnellfeuergeschütze erhielten noch längere Rohre als die alten Geschütze, die 5,7 cm-Schnellfeuerkanone von Gruson hatte 70, die von Canet sogar 80 Kaliberlängen.

Dieselben Grundsätze sind neuerdings auch auf die Feldartillerie übertragen worden, wozu die Einführung des rauchfreien Pulvers Vorbedingung war, doch ist es nicht möglich, auf diese Fortschritte und die Leistungen dieser Geschütze hier näher einzugehen[2]).

Erwähnen wollen wir noch, dafs man das Schnellladeprinzip auch auf schwerere Schiffskanonen übertragen hat, und dafs in der deutschen Kriegsmarine die 15 cm-Schnellladekanone eine wichtige Waffe geworden ist. Fig. 339 zeigt ein solches Geschütz mit der neuen Kruppschen Wiegelafette in Feuerstellung. Ein Geschofs steht links vom Geschützboden. Die Abbildung zeigt deutlich, wie verschieden heute Geschütz und Geschofs gegen früher sind.

---

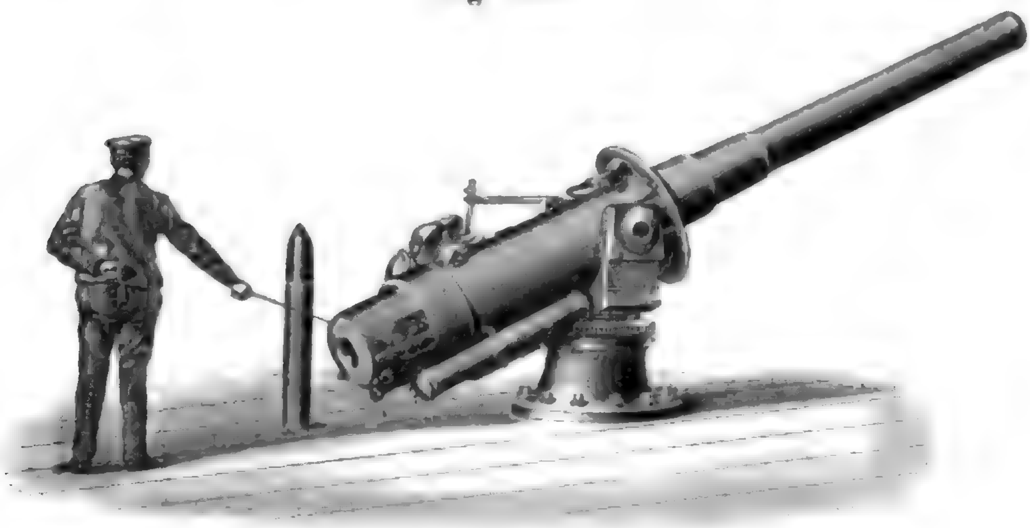
[1]) Rede, gehalten bei dem Meeting des Iron and Steel Instituts im Mai 1899.

[2]) Wir verweisen auf die Fachlitteratur sowie auf die Aufsätze von J. Castner in Stahl und Eisen 1893.

Digitized by Google

Die Geschütze der Festungs- und Belagerungsartillerie entwickelten sich in anderer Weise. Das Steilfeuer, welches bei diesen in Anwendung kam, veranlafste eine Verkürzung der Rohre, so dafs die Haubitzen- und Mörserform die vorherrschende wurde. Diese schweren Geschütze erreichen durch den Steilschufs und das rauchlose Pulver

Fig. 339.



aufserordentliche Schufsweiten, so z. B. die Kruppsche 28 cm-Haubitze L/12 mit ihrer 216 kg-Granate bei 45° Erhöhung 10 km. Die durch das Steil- oder Bogenschiefsen veränderte Angriffsweise zwingt wieder zu einer anderen Art der Verteidigung, wobei die Stahlpanzerung (Panzerscharten, Panzertürme) die Hauptrolle spielt. — Bei allen diesen vielerlei Verwendungen des Stahls kommt dessen Güte zuerst in Frage.

Die Sicherstellung der Qualität des Materials ist deshalb bei allen gröfseren Lieferungen von gröfster Wichtigkeit. Darum werden hierfür **Lieferungsbedingungen**, in denen dies Mindestmafs der Anforderungen bezüglich der Festigkeit, Elastizität, Härte, Art der Herstellung u. s. w. festgesetzt sind, vorgeschrieben. Diese Lieferungsbedingungen werden teils von Fall zu Fall, teils allgemein für gewisse Gebrauchsgegenstände, wie z. B. Eisenbahnbau- und -betriebsmaterial[1]), Brückenmaterial, Baueisen[2]), Panzerplatten[3]), Gufswaren[4]) u. s. w., aufgestellt. Diese allgemeinen Vorschriften werden teils von den grofsen Abnehmern, den Staatsregierungen, Eisenbahnverwaltungen u. s. w., teils von technischen Verbänden und Vereinen erlassen. So stellten z. B. in Deutschland der Verein deutscher Eisenhütten-

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1897, S. 163.
[2]) Daselbst 1894, S. 1091.
[3]) Daselbst 1893, S. 423.
[4]) A. a. O. 1898, S. 1059.

Digitized by Google

leute, der deutsche Ingenieurverein und der deutsche Architekten- und Ingenieurverein gemeinsam 1893 Normalbedingungen für Lieferungen von Stahl und Eisen auf. Die Kontrolle liegt in der Materialprüfung, die dadurch in neuerer Zeit eine aufserordentliche Wichtigkeit erlangt hat[1]). Diese Prüfungen sind chemisch oder physikalisch, oder chemisch und physikalisch. Sie werden ausgeführt auf den Hüttenwerken selbst zur Kontrolle des Betriebes, oder von dem Abnehmer, oder von öffentlichen Materialprüfungsanstalten. Da es sich dabei, namentlich bei den Kontrollproben für den Betrieb, um möglichst rasche Durchführung handelt, so hat man Schnellproben eingeführt, wie wir dies bereits bei den Fortschritten der chemischen Analyse angeführt haben, und den Versuch gemacht, einheitliche Untersuchungsmethoden[2]) (Normalproben) international zu vereinbaren. Ebenso hat man sich bemüht, für die mechanischen Proben einheitliche Prüfungsmethoden einzuführen[3]).

Bei den mechanischen Proben sind die Kontrollproben für den Betrieb ebenfalls meist Schnellproben, während die Proben für die Abnahme, namentlich aber die von den öffentlichen Prüfungsanstalten vorgenommenen, mit den sorgfältigst gearbeiteten, zuverlässigsten Apparaten ausgeführt werden. Um allgemein gültige Grundsätze für die Materialprüfungen festzusetzen, hatte J. Bauschinger internationale Konferenzen veranlafst, die bis 1893 in München (1884), Dresden, Wien und Berlin abgehalten wurden. Zu den allgemein eingeführten Grundsätzen gehört neuerdings auch der, für Flufseisenprodukte (Bessemer-, Thomas- oder Martinflufseisen) von jedem einzelnen Satz Probe zu nehmen.

In Preufsen ist die chemisch-technische Prüfungsanstalt mit der Bergakademie in Berlin verbunden und steht unter der Leitung von Professor H. Wedding, die mechanisch-technische Prüfungsanstalt mit der technischen Hochschule in Charlottenburg verbunden unter der Leitung von Professor A. Martens[4]).

H. Wedding hat sich um die Gründung der Material-Versuchsanstalten in Preufsen grofse Verdienste erworben[5]). Als Professor der Eisenhüttenkunde an der Bergakademie in Berlin hatte er bereits 1867 die Gründung einer solchen für die Eisenindustrie beantragt. Nach seinem

---

[1]) Vergl. S. 390 u. s. w.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1895, S. 988.

[3]) Daselbst 1893, S. 572; 1898, S. 791, 910.

[4]) Bei dieser Gelegenheit verweisen wir auf das vortreffliche Handbuch der Materialienkunde von A. Martens, Berlin 1898.

[5]) Journal of the Iron and Steel Institute 1882, II, S. 464.

Digitized by Google

Vorschlag sollte dies eine selbständige Staatsanstalt sein, die nicht nur mit Laboratorien, sondern auch mit Schmelzöfen, in denen Schmelzversuche auch im grofsen ausgeführt werden konnten, ausgerüstet sein sollte. Dieser Vorschlag wurde abgelehnt sowohl der Kosten wegen, als weil die preufsische Regierung mit dem Prinzip, Musterwerke für die Eisenindustrie zu betreiben, grundsätzlich gebrochen und den Grundsatz der Enthaltung jeder staatlichen Einmischung in die Industrie angenommen hatte. Die deutsche Eisenindustrie konnte sich zur Gründung einer solchen Anstalt ebensowenig aufschwingen.

Als aber die Erfolge der Versuchsanstalt des Engländers Kirkaldy bekannt wurden, und als Wöhler seine Festigkeitsversuche über Eisenbahnmaterialien 1870 veröffentlicht hatte, entstanden zunächst 1871 die Privatanstalten von Dr. Böhme in Berlin zur Prüfung von Ziegel- und Bruchsteinen und von Professor Spangenberg zur Fortsetzung der Wöhlerschen Versuche, etwas später die Prüfungsanstalt von Professor Bauschinger in München für Baumaterialien aller Art. Obgleich H. Wedding seinen Antrag auf Gründung einer staatlichen Prüfungsanstalt für Preufsen von Jahr zu Jahr wiederholte, ging die Regierung erst 1876 darauf ein, und zwar nach Beratung des Ministers Achenbach mit den Direktoren der drei höheren technischen Lehranstalten in Berlin in der Weise, dafs nicht eine grofse Anstalt, sondern drei kleinere in Verbindung mit diesen Anstalten gegründet wurden. Die chemisch-technische Prüfungsanstalt wurde der Bergakademie, die mechanisch-technische und eine Prüfungsanstalt für Baumaterialien mit der Gewerbeakademie, an deren Spitze Professor Reuleaux stand, angegliedert und für dieselben am 23. Januar 1880 ein Reglement erlassen. Diese Zersplitterung beeinträchtigte die Leistungen, und das um so mehr, als die Anstalten sich möglichst selbst erhalten, also verdienen sollten. Hierdurch waren gröfsere, einheitliche Versuche zur Förderung der deutschen Eisenindustrie, wie dies Wedding erstrebt hatte, ausgeschlossen und beschränkten sich die Anstalten auf bezahlte Privatarbeiten. Eine Besserung trat erst ein, als mit der Gründung der technischen Hochschule zu Charlottenburg im Jahre 1884 auch die mechanisch-technische Versuchsanstalt reichlicher ausgestattet wurde. Seitdem konnten auch weitergehende Arbeiten in Weddings Sinn ausgeführt werden, und hat sich die Anstalt unter Professor Martens vortrefflicher Leitung grofse Verdienste und allseitige Anerkennung erworben.

Bayern hat eine allgemeine Prüfungsanstalt in München, die von dem um die Materialienprüfung hochverdienten Professor J. Bau-

Digitized by Google

schinger[1]) gegründet wurde; die Schweiz besitzt eine gleiche Anstalt in Zürich, an deren Spitze Professor Tetmajer steht. Alle diese Anstalten veröffentlichen jährlich Berichte[2]) über ihre Thätigkeit.

Mit dem Wachstum der Industrie erlangten auch die technischen Lehranstalten eine wachsende Bedeutung. Die Zahl und der Besuch dieser Anstalten nahm zu.

Deutschland, das von jeher auf dem Gebiete des Erziehungswesens Hervorragendes und vielfach Mustergültiges geleistet hat, entwickelte neben seinen zahlreichen Universitäten das technische Hochschulwesen in glänzender Weise. Technische Hochschulen besitzt Deutschland in Aachen, Berlin (Charlottenburg), Braunschweig, Darmstadt, Dresden, Hannover, Karlsruhe, München und Stuttgart, geplant ist ferner die Gründung einer solchen Anstalt in Danzig.

Aachen allein besitzt einen besonderen Lehrstuhl für Eisenhüttenkunde, er ist von Professor E. F. Dürre besetzt; in Charlottenburg, der gröfsten und besuchtesten technischen Hochschule, hält Professor H. Wedding Vorträge über Eisenhüttenkunde.

Deutschland besitzt neben den technischen Hochschulen drei Fachakademieen für Bergbau- und Hüttenkunde. Von diesen ist die älteste Freiberg in Sachsen, die schon 1766 gegründet wurde und sich eines Weltrufes erfreut. Sie hat einen besonderen Stuhl für Eisenhüttenkunde, den Professor A. Ledebur einnimmt. Die 1811 gegründete Bergakademie zu Clausthal, die 1866 mit Hannover an Preufsen fiel, wird mehr von Bergbau- und Metallhüttenkunde-Studierenden besucht. In der seit 1860 bestehenden Bergakademie in Berlin wird die Eisenhüttenkunde von Professor H. Wedding vorgetragen und vertreten.

Neben diesen höheren Lehranstalten besitzt besonders Preufsen eine grofse Zahl niederer Lehranstalten. Es gab 1897 in Preufsen zehn Bergschulen und 31 Bergvorschulen zur Ausbildung praktischer Grubenbeamten. Bergschulen sind zu Tarnowitz in Oberschlesien, zu Waldenburg in Niederschlesien, zu Eisleben im Oberbergamt Halle, zu Clausthal im Harz, zu Essen und zu Bochum im Oberbergamt Dortmund, zu Saarbrücken, Siegen, Dillenburg, Wetzlar und Bardeleben bei Aachen im Oberbergamt Bonn.

Ausschliefslich für Eisenhüttenkunde dient die Hüttenschule zu Duisburg, früher in Bochum, die von den Eisenindustriellen Rheinlands

---

[1]) Geboren am 11. Juni 1834 zu Nürnberg, starb am 25. November 1893 zu München.

[2]) Die preufsischen Anstalten in den „Mitteilungen aus den königl. technischen Versuchsanstalten in Berlin“.

und Westfalens erhalten wird und an der als Lehrer Th. Beckert und Dr. F. Wüst[1]) wirken.

Gute Fachschulen für Eisenarbeiter sind ferner zu Remscheid, wo H. Haedicke als Lehrer wirkt, zu Iserlohn und zu Dortmund.

Österreich besitzt zwei Bergakademieen, Leoben und Přibram. In Leoben wirkten P. von Tunner, Franz Kuppelwieser und jetzt Jos. von Ehrenwerth auf der Lehrkanzel für Eisenhüttenkunde. Ungarn hat die alte, schon 1770 gegründete Bergakademie zu Schemnitz, wo Anton von Kerpely die Eisenhüttenkunde vertrat. Fachschulen für Eisenhüttenleute befinden sich in Steyr, Waidhofen und Komotau.

In Frankreich pflegen höhere Hüttentechniker ihre Studien erst auf der École politechnique zu machen und sich dann einer der beiden höheren Fachschulen für Berg- und Hüttenleute, der École des Mines zu Paris oder zu St. Etienne zuzuwenden. Für die Ausbildung von technischen Unterbeamten sorgen zahlreiche Lehrwerkstätten, deren Ursprung zum Teil in die Zeit der grofsen Revolution (1788) zurückgeht und die besonders für die Kleinindustrie segensreich wirken. Für Eisenarbeiter sind die Schulen zu Chalons-sur-Marne und auf dem Boulevard de la Villette zu Paris zu erwähnen.

In England ist die Royal School of Mines in London die höhere Lehranstalt für Hüttenleute. In neuester Zeit (1899) ist mit der Midland-University in Birmingham eine Abteilung für den Unterricht in der Hüttenkunde verbunden worden.

Rufsland besitzt als höhere Lehranstalt das Institut für Berg- und Hüttenwesen in St. Petersburg; aufserdem hat es grofse, nach französischem Muster eingerichtete Lehrwerkstätten in St. Petersburg, Moskau und Odessa.

In Schweden wurde die altberühmte Bergschule von Falun 1869 nach Stockholm verlegt und mit der technischen Hochschule vereinigt. Hier wirkten Åkerman, Eggertz, Knut Styffe, J. Wiborgh.

Für die Ausbildung von Unterbeamten dienen die 1869 gegründete Schule zu Falun und seit 1871 die zu Filipstadt.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika ist in den letzten Jahrzehnten viel für die Hebung des technischen Unterrichtswesens geschehen. Durch die Land-grant-Bill von 1862 wurde den Einzelstaaten umfangreicher Grundbesitz zur Verbesserung des Schulwesens zugewiesen. Die meisten der alten grofsen Lehranstalten wurden mit

[1]) Seit Herbst 1901 an Stelle von Dürre in Aachen.

Abteilungen für technischen Unterricht verbunden. Die altberühmte Harvard-Universität, die 1636 von J. Harvard für Massachusetts zu Newtown gegründet worden war, erhielt eine technische Abteilung unter dem Namen Lawrence Scientific School, die Yale-Universität in Newhaven (Conn.) eine solche unter dem Namen Sheffield Scientific School. Ebenso wurde mit der 1852 gegründeten Washington-Universität in St. Louis eine polytechnische Abteilung verbunden, und der Cornell-Universität in Ithaca (New York) das Lilbey College angefügt. Die wichtigste Anstalt für Bergbau- und Hüttenkunde ist aber Columbian College in New York, das 1869 als School of Mines organisiert wurde. In Houghton befindet sich die Michigan Mining School.

Fast jeder Staat der Union hat jetzt seine technische Lehranstalt. Von diesen seien noch angeführt das Rensselaer-Polytechnikum in Troy (N. Y.), das Stevens-Institut in Hoboken (N. J.), welches 1870 von Ed. A. Stevens gegründet wurde, das Massachusetts Institute of Technology in Boston (1865 gegründet), die Leland Stanford University in Palo Alto (Cal.), die 1886 gegründete Care School of Applied Science in Cleveland (Ohio) und die New York-Trade-school. Die amerikanischen technischen Schulen zeichnen sich durch gute Lehrmittel und Werkstätten aus. Neuerdings hat der um die amerikanische Eisenindustrie hochverdiente und durch sie zum 100fachen Millionär gewordene John Carnegie grofsartige Summen für die Förderungen des technischen Schulwesens in den Vereinigten Staaten geschenkt.

Auch Japan hat seit einigen Jahren mit der Universität zu Tokio einen Lehrstuhl für Eisenhüttenkunde verbunden.

Von hoher Bedeutung sind die Wohlfahrtseinrichtungen und die Schutzgesetze zum Wohle der arbeitenden Klassen, womit Deutschland in den letzten Jahrzehnten den übrigen industriellen Staaten vorangeschritten ist. Kaiser Wilhelm I. gebührt das unsterbliche Verdienst, durch seine Botschaften vom 11. November 1881 und vom 14. April 1883 die Anregung hierzu gegeben zu haben. Am 15. Juni 1883 wurde durch Reichsgesetz die allgemeine Krankenversicherung und am 22. Juni 1889 die Invaliditäts- und Altersversicherung der Arbeiter in Deutschland eingeführt und geregelt. Seitdem bemühen sich auch die übrigen Kulturstaaten ähnliche Einrichtungen zu schaffen.

Digitized by Google

Die Geschichte des Eisens in den einzelnen Ländern.

Allgemeines.

Kein Zeitabschnitt von gleicher Dauer weist so grofsartige Fortschritte in der Eisenindustrie auf, als die letztverflossenen 30 Jahre seit 1870. An diesen Fortschritten nahmen alle Kulturländer, ja man kann sagen, alle Länder der Erde teil, wenn auch nach Eigenart und Verhältnissen in verschiedenem Mafse. Die Allgemeinheit, die Internationalität dieser Fortschritte, kann als das wichtigste Merkzeichen dieser Periode bezeichnet werden. Sie war ermöglicht und veranlafst durch die aufserordentliche Entwickelung des Verkehrs, welche selbst wieder eine Folgeerscheinung der fortschreitenden Entwickelung der Eisenindustrie war. An den Erfindungen und Verbesserungen, welche zu dem grofsen Aufschwung der Eisenindustrie beitrugen, haben alle Kulturvölker mitgewirkt. Es war nicht mehr möglich, eine wichtige Erfindung auf diesem Gebiete geheim zu halten und für ein Land zu monopolisieren, wie dies früher z. B. mit der Erfindung des Gufsstahls von Benjamin Huntsman in England geschehen war. Die ganze Welt, alle Metallurgen der Erde standen in Gedankenaustausch und arbeiteten zusammen, und da diese Arbeiten sich häufig auf denselben Gegenstand bezogen, wurden nicht selten dieselben oder ähnliche Verbesserungen in ganz verschiedenen Ländern gleichzeitig erfunden und eingeführt. War aber eine wichtige Erfindung gemacht, so wurde sie nicht verheimlicht, sondern veröffentlicht und verbreitete sich alsbald in alle Länder, die daran Interesse nahmen. Dies war um so mehr der Fall, als die Erfindungen durch Patente geschützt wurden, und diese Patente selbst zum Bekanntwerden der Erfindung und zu ihrer Verbreitung beitrugen. Die wichtigsten wissenschaftlichen und technischen Verbesserungen auf dem Gebiete der Eisenindustrie sind im vorhergehenden allgemeinen Abschnitt aufgeführt und beschrieben. Unsere Aufgabe in diesem Teil ist es, den Anteil der einzelnen Länder an

Digitized by Google

Roheisenerzeugung der Erde in Kilotonnen.

	1806	1823	1834	1842	1848	1854	1860	1870	1880	1890	1899	Zunahme 1823 bis 1860 kt	Zunahme 1823 bis 1860 Proz.	Zunahme 1860 bis 1899 kt	Zunahme 1860 bis 1899 Proz.
Grofsbritannien	258,0	452,0	900,0[4]	1275,0[5]	1975,0	3069,0	3827,0	6059	7802	8033	9454	3375,0	747,0	5627,0	147
Deutschland	24,5	72,0	134,5	170,5	214,7[8]	369,0	550,0	1391	2729	4658	8142	478,0	700,0	7592,0	1380
Frankreich[1])	225,0 (Frankreich und Belgien)	161,5[2])	269,0	399,5	525,0	800,0[9])	898,0	1178	1733	1962	2567	736,5	556,0	1669,0	186
Belgien		40,0	85,0	95,0[6])	214,0	300,0[10])	314,7	565	608	788	1025	274,7	787,0	710,3	225
Österreich-Ungarn	50,5	86,5	101,8	148,4	130,0	260,0	311,7	403	464	965	1468	225,2	360,0	1156,3	371
Rufsland	83,8	160,0	160,0	200,0	232,5	246,0	280,0	360	446	927	2707	130,0	156,0	2427,0	903
Schweden	75,0	80,0	77,0	77,0[7])	95,2	155,0	217,7	353	406	456	498	137,7	272,5	280,3	129
Italien	—	15,0 (Italien, Spanien und Übrige Länder Europas)	17,5	17,5	45,0	25,0	30,0	20	17	14	19	80,0 (Italien, Spanien und Übrige Länder Europas)	533,0	240,0	251
Spanien	9,0		9,0	10,0	14,0	37,0	35,0	54	86	171	296				
Übrige Länder Europas	4,2		6,2	10,1	24,6	27,0	30,0	35	40	50	20				
Summa von Europa	730,0	1067,0	1760,0	2403,0	3470,0	5288,0	6494,1	10418	14331	18024	26196	5125,1	609,0	19701,9	303
Vereinigte Staaten von Amerika	24,0	123,4[3])	236,0	230,0	726,0	668,0	833,5	1691	3896	9353	13839	710,1	676,0	13005,5	1561
Übrige Länder der Erde	6,0	11,6	20,0	25,0	50,0	80,0	96,4	100	100	250	550	84,8	871,0	463,6	473
Summa der Erzeugung der Erde	760,0	1202,0	2016,0	2658,0	4246,0	6036,0	7424,0	12209	18327	27627	40585	6220,0	618,0	33171,0	447

[1]) In den Grenzen von 1806, also mit Holland, Belgien, Cleve, Berg, den linken Rheinuferstaaten Deutschlands, ein Teil von Norditalien u. s. w. — [2]) Produktion von 1825. — [3]) Produktion von 1828. — [4]) 1836: 1088 kt; 1839: 1348 kt. — [5]) 1840: 1 396 400 t; 1843: 1 215 350 t. — [6]) 1843: 98 kt. — [7]) 1845: 80 kt. — [8]) Luxemburg 7,5 kt. — [9]) 1855: 849 296 t. — [10]) 1856: 306 025 t.

dieser Entwickelung und die Wirkungen dieser Fortschritte im ganzen wie im einzelnen nachzuweisen. Für letzteres dient als wichtigstes Hülfsmittel die Statistik. Diese zeigt zunächst eine allgemeine, bedeutende Produktionssteigerung, veranlafst durch eine vielseitigere und intensivere Verwendung des Eisens auf fast allen Gebieten der Technik. Der Grund hierfür lag in der gröfseren Güte und relativen Billigkeit desselben infolge der technischen Fortschritte. Der wichtigste von diesen war die Vervollkommnung der Flufseisenbereitung.

Der Sieg des Flufseisens über das Schweifseisen, die Verwendung des Flufseisens für alle Zwecke sind die charakteristischsten Erscheinungen in diesem Zeitraum. Diese begannen mit der Verbesserung des sauren Konverterprozesses, des eigentlichen Bessemerprozesses, besonders durch vermehrte Massenerzeugung; sie wurden gesteigert durch die Erfindung des basischen Konverterprozesses von Gilchrist Thomas 1879 und durch die Übertragung des basischen Schmelzverfahrens auf den Siemens-Martinprozefs. Dieses sind die wichtigsten Etappen auf dem Siegeszug des Flufseisens.

Betrachten wir die allgemeine Steigerung der Eisenproduktion und des Eisenverbrauchs an Hand der Statistik. Die Grundlage hierfür bildet die Roheisenerzeugung. Die Entwickelung dieser im Verlauf des 19. Jahrhunderts ist aus nebenstehender Zusammenstellung (S. 896) ersichtlich.

Wir erkennen daraus die riesige Zunahme der Roheisengewinnung, die sich von 1806 bis 1899 um das 54fache vermehrt hat. Die Schweifseisenerzeugung erreichte ihren Höhepunkt im Jahre 1882 mit 9135 Kilotonnen. Die Flufseisenproduktion betrug in diesem Jahre schon 6687 Kilotonnen, 1899 war sie auf 25844 Kilotonnen gestiegen, während die Schweifseisenerzeugung höchstens noch 5000 Kilotonnen betrug. Über diese Entwickelung finden sich die näheren Nachweise bei den einzelnen Ländern und in den Zusammenstellungen am Schlusse des Abschnitts.

Grofsbritannien.

Im Anfang der Periode der Geschichte des Eisens von 1871 bis zur Gegenwart strahlte Englands Ruhm auf dem Gebiete der Eisenindustrie in hellstem Glanze, seine Führerschaft war unbestritten, übertraf doch seine Roheisenproduktion im Jahre 1871 die aller übrigen Länder zusammengenommen. Werfen wir aber einen Blick auf die nachfolgende Zusammenstellung, welche die Roheisenerzeugung Grofsbritanniens vom Jahre 1870 ab und den prozentualen Anteil der-

Digitized by Google

selben an der Weltproduktion wiedergiebt, so zeigt sich uns ein eigenartiges Bild.

Grofsbritanniens Roheisenerzeugung in Kilotonnen (zu 1000-Meter-Tonnen) und in Prozenten der Weltproduktion.

Jahr	kt	Proz. der Welterzeugung	Jahr	kt	Proz. der Welterzeugung	Jahr	kt	Proz. der Welterzeugung
1870	6060	49,9	1880	7802	42,6	1890	8033	29,1
1871	6697	52,5	1881	8465	42,8	1891	7525	28,7
1872	6812	46,4	1882	8582	40,0	1892	6817	25,7
1873	6635	44,4	1883	8579	39,7	1893	6939	27,6
1874	6054	43,9	1884	7651	37,9	1894	7542	28,9
1875	6432	46,2	1885	7369	37,2	1895	8022	27,3
1876	6624	48,3	1886	7124	34,3	1896	8700	27,7
1877	6677	47,6	1887	7683	33,4	1897	8930	26,5
1878	6366	44,5	1888	8129	33,8	1898	8769	24,0
1879	6072	42,4	1889	8458	32,5	1899	9543	23,5

Grofsbritanniens Eisenerzeugung hat zwar in diesem Zeitraum zugenommen, aber durchaus nicht in dem Verhältnis zu der Produktion der übrigen Länder der Erde, so dafs der Anteil an der Weltproduktion seit 1871 fortwährend abgenommen hat und von der Hälfte bis unter ein Viertel herabgesunken ist. Grofsbritanniens Eisenindustrie war nicht zurückgegangen; aber die Industrie anderer Länder, besonders die der Vereinigten Staaten und Deutschlands, die im Rückstand geblieben war, hat viel rascher zugenommen als die englische, ja im Jahre 1890 hat die Produktion der Vereinigten Staaten die englische überholt und seitdem haben diese die Führerschaft hinsichtlich der Gröfse der Erzeugung übernommen. Fig. 340 giebt uns das Bild dieser Produktionsbewegung in Kurven.

Ein Vorwurf kann den englischen Eisenindustriellen hieraus nicht gemacht werden. Es mufs vielmehr anerkannt werden, dafs in keiner Zeit so viele hervorragende, wissenschaftlich hoch gebildete Eisenindustrielle und Metallurgen sich um die Fortschritte der englischen Eisenindustrie bemüht haben.

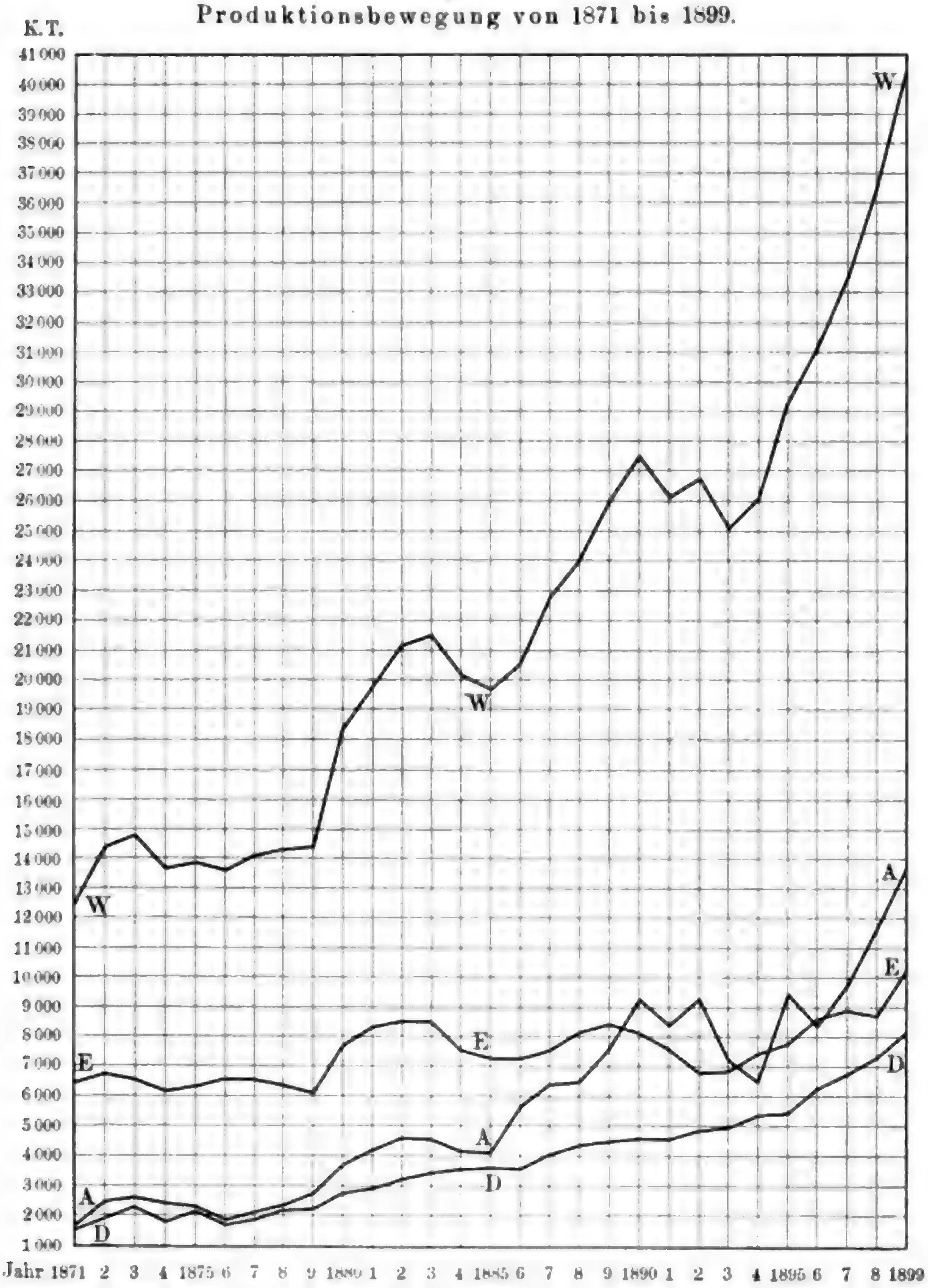
Neben Sir Henry Bessemer, Sir Lowthian Bell, Gilchrist Thomas wirkte eine ganze Reihe vortrefflicher Männer, deren Namen wir zum Teil bereits kennen gelernt haben, theoretisch und praktisch auf allen Gebieten des Eisenhüttenwesens und zahlreiche wichtige Erfindungen, von denen die Entphosphorung des Roheisens durch den

Digitized by Google

basischen Konverterprozefs von Gilchrist Thomas an Wichtigkeit alle anderen übertraf, sind in England gemacht und erprobt worden.

Fig. 340.

Produktionsbewegung von 1871 bis 1899.



W = Weltproduktion, E = England, A = Amerika, D = Deutschland.

Die Ursache des Zurückbleibens lag nur darin, dafs Englands Eisenindustrie bereits einen Umfang, eine Entfaltung erreicht hatte, die unter den gegebenen wirtschaftlichen Bedingungen eine weitere Ent-

wickelung im gleichen Verhältnis wie früher unmöglich machte, um so weniger, als durch das Erblühen der Eisenindustrie in anderen Ländern, deren natürliche Hülfsmittel bisher noch nicht in gleichem Mafse in Anspruch genommen waren, wichtige Absatzgebiete für die Ausfuhr englischen Eisens verloren gingen oder eingeschränkt wurden. Auch richteten diese Staaten zum Schutz ihrer Industrie durch Einführung oder durch Erhöhung von Schutzzöllen künstliche Hindernisse gegen die Überflutung mit englischem Eisen auf, wodurch die Ausfuhr Grofsbritanniens gleichfalls erschwert und beschränkt wurde.

Der Kampf, welchen die englische Eisenindustrie gegen diese und zahlreiche andere Schwierigkeiten führen mufste, machte das Gesamtbild der Geschichte der englischen Eisenindustrie in diesem Zeitraum nicht weniger interessant als irgend ein früheres.

Neben den Schwierigkeiten nach aufsen fehlte es nicht an Schwierigkeiten im Inneren. Die Überlegenheit Grofsbritanniens beruht auf den günstigen natürlichen Bedingungen für die Eisenerzeugung und für den Absatz. Mächtige, vortreffliche Ablagerungen von Steinkohlen liegen in unmittelbarer Nähe von fast unerschöpflichen Erzlagern. Der Transport ist erleichtert durch Kanäle und günstige Eisenbahnfrachten, der Absatz durch die insulare Lage Englands und seine Beherrschung des Seehandels. Durch diese natürlichen Vorteile war England im stande, das Eisen billiger darzustellen und zu versenden als jedes andere Land. Schwierigkeiten im Inneren erwuchsen aber dennoch durch die zunehmende Verteuerung der Steinkohlenförderung, durch die Steigerung der Löhne und durch die Störungen, welche häufig wiederkehrende Lohnkämpfe und Arbeitseinstellungen hervorriefen.

Die englische Eisenindustrie konzentrierte sich in den Gebieten der Steinkohlengewinnung. Infolge der günstigen Erzgewinnungs- und Transportverhältnisse gelang es dem Clevelandbezirk in Nord-Yorkshire, dem 1871 Süd-Wales noch die Führerschaft streitig machte, diese von 1872 an zu behaupten und die übrigen Centren der Eisenerzeugung rasch und in steigendem Mafse zu überflügeln. Nächst Cleveland sind die wichtigsten Eisengebiete in England Süd-Wales, Staffordshire, Lancashire und Cumberland, in Schottland das Kohlenbecken des Clyde.

Oft haben im Laufe der Geschichte die eisenerzeugenden Gebiete Englands die Führerrolle gewechselt. Als man nur Holzkohlenbetrieb kannte, nahm zur Zeit der Römerherrschaft der Forest of Dean in Glocestershire die erste Stelle ein; im Mittelalter, zur Zeit Heinrichs VIII. und der Königin Elisabeth, war Sussex, wo jetzt kaum

Digitized by Google

eine Spur mehr von den alten Holzkohlenhütten zu finden ist, die wichtigste Eisenprovinz. Dann erscheint zu Anfang des 18. Jahrhunderts die Eisenerzeugung des Forest of Dean wieder als die bedeutendste; in der Mitte desselben steht Shropshire durch Coalbrookdale und das Verdienst der Familie Darby an der Spitze. Nach der Erfindung des Puddelprozesses erlangt im letzten Viertel des 18. Jahrhunderts Süd-Wales die Führerschaft, während durch die Erfindung der Winderhitzung durch Neilson nach 1830 die schottische Hochofenindustrie einen solchen Aufschwung nahm, dafs sie eine Zeit lang die von Süd-Wales überflügelte. Zu Anfang der siebziger Jahre fiel dann die Leitung dem Clevelandbezirk zu, der seitdem auch in seinen Einrichtungen die meisten Fortschritte aufwies, die vielfach vorbildlich auch für die Entwickelung der übrigen Länder der Erde geworden sind.

Die Steinkohlenförderung Grofsbritanniens betrug im Jahre 1871: 117186278 Tonnen, wovon 12748000 ausgeführt wurden. 1872 war die Steinkohlenproduktion 123386758 Tonnen, während die der übrigen Länder der Erde zusammen nur etwa 70 Mill. Tonnen betrug; die Ausfuhr in diesem Jahre war 13212000 Tonnen, so dafs mehr als 110 Mill. Tonnen in Grofsbritannien selbst verbraucht wurden. Ein Viertel der Steinkohlenförderung wurde in der Eisenindustrie verwendet.

Die Eisenerzgewinnung im Jahre 1871 belief sich auf 16334888 Tonnen. Hiervon waren:

Roheisenstein	2 955 594	Tonnen
Magneteisenstein	314 594	„
Brauneisenstein	1 180 805	„
Spateisenstein	116 080	„
Thoneisenstein und Sphärosiderit	10 690 156	„
Kohleneisenstein (Blackband)	1 077 659	„
Summa:	16 334 888	Tonnen

Von den einzelnen Grafschaften und Provinzen lieferten:

Cornwall	21 942	Tonnen
Devonshire	14 025	„
Somersetshire	32 884	„
Gloucestershire	207 599	„
Wiltshire	159 894	„
Oxfordshire	28 330	„
Northhamptonshire	779 314	„
Lincolnshire	290 673	„
Shropshire	415 972	„
Warwickshire	34 075	„
Staffordshire	2 218 745	„
Übertrag	4 203 453	Tonnen

Digitized by Google

	Übertrag	4 203 453 Tonnen
Derbyshire		492 973 „
Lancashire		931 048 „
Cumberland		1 302 704 „
Yorkshire (North und West Riding)		4 989 898 „
Northumberland und Durham		285 297 „
Nord-Wales		51 981 „
Süd-Wales		969 724 „
Die Insel Man		75 „
Schottland		3 000 000 „
Irland		107 735 „
	Summa:	16 334 888 Tonnen

Die Hauptmassen dieser Erze [1]) gehören drei Formationen an: dem Steinkohlengebirge, dem Kohlenkalk und dem Jura.

Trotz des reichen Segens an Eisenerzen fand bereits damals schon eine wenn auch noch mäfsige Einfuhr fremder Erze, besonders zur Erzeugung von Bessemerroheisen und Spiegeleisen, statt. Diese Einfuhr betrug 1871 nur 324 034 Tonnen, stieg aber im Jahre 1872 bereits auf 801 503 Tonnen. Wie sehr sie im Verlauf dieses Zeitabschnittes zugenommen hat, zeigen nachfolgende Zahlen:

Jahr	Eisenerz- Förderung Tonnen	Eisenerz- Einfuhr Tonnen	Zusammen Tonnen
1870	14 600 585	211 642	14 812 227
1875	16 074 196	466 032	16 540 228
1880	16 314 466	2 676 551	18 991 017
1885	15 664 669	2 362 678	18 527 347
1890	14 001 259	4 543 338	18 544 597
1895	14 405 809	4 521 516	18 927 406
1899	9 231 664	7 168 061	16 399 725

Während die eigene Förderung zurückging, ist die Einfuhr beträchtlich gestiegen. Die Eisenerzgewinnung Schottlands betrug 1872: 3 270 000 Tonnen, 1900: 849 031 Tonnen.

Die Wandlungen, welche die Roheisenerzeugung Grofsbritanniens in der Zeit von 1871 bis 1899 in den einzelnen Gebieten erfahren hat, sind aus nachfolgender Tabelle ersichtlich.

[1]) Eine genaue Beschreibung der englischen Eisensteine, ihrer chemischen Zusammensetzung, ihrer Lagerung u. s. w. findet sich in Dr. Hermann Weddings Handbuch der Eisenhüttenkunde, 2. Auflage (1897), S. 66 bis 119.

Digitized by Google

Roheisenerzeugung Grofsbritanniens.

Länder und Provinzen	1871	1890
In England:		
Northumberland / Durham	793 409	1 057 581
Yorkshire, Nord-Riding (Cleveland)	1 029 885	2 144 326
„ Süd- und West-Riding	114 549	310 364
Derbyshire	270 485	370 016
Lancashire	520 359	741 946
West-Cumberland	336 569	932 901
Shropshire	129 467	44 363
Nord-Staffordshire	268 300	309 394
Süd-Staffordshire und Worcester	725 716	400 756
Northhamptonshire	60 512	278 994
Lincolnshire	30 122	337 823
Notts und Leicester	—	292 193
Gloster, Wilts, Sommerset u. s. w.	99 997	—
In Wales:		
Nord-Wales	41 893	89 977
Süd-Wales	1 115 916	958 063
In Schottland	1 160 000	1 185 507
Insgesamt	6 697 179	9 454 204

Hier fällt zunächst das riesige Wachstum der Roheisenerzeugung des Clevelandbezirkes (Nord-Yorkshire) ins Auge. Seine Produktion betrug 1871 nur etwas über 15 Prozent der Gesamtproduktion und wurde noch von der von Süd-Wales und der von Schottland übertroffen. 1897 erreichte sie fast 38, 1899 belief sie sich auf etwa 23 Prozent der Roheisenerzeugung Grofsbritanniens und übertraf weitaus die aller anderen Gebiete. Sehr bedeutend war auch die Zunahme in West-Cumberland, Lincolnshire, Northhamptonshire, sowie in Notts und Leicester. Ein Rückgang der Roheisenerzeugung trat ein in Süd-Staffordshire, Shropshire und in Süd-Wales. Die Schweifseisenerzeugung sank in der Zeit von 1870 bis 1897 von 2600 Kilotonnen auf 1328 Kilotonnen, während die Flufseisenerzeugung in derselben Zeit von 287 Kilotonnen auf 4540 Kilotonnen stieg. — Genauere Angaben über die Veränderungen der britischen Eisenindustrie von 1870 bis 1899 finden sich am Schlusse dieses Kapitels.

Nach diesem kurzen statistischen Überblick wenden wir uns zu den technischen Fortschritten in dieser Periode, zunächst in der Zeit von 1871 bis 1880 und beginnen mit der Darstellung des Roheisens.

Digitized by Google

Die vermehrte Nachfrage nach Bessemerroheisen gab die Veranlassung zur Einfuhr und Verwendung zunehmender Mengen ausländischer Qualitätserze. England besafs zwar in dem Hämatit von Cumberland ein vorzügliches Erz für diesen Zweck. War doch der Cumberland-Hämatit der klassische Rohstoff für das Bessemerroheisen, weshalb diese Roheisengattung bis heute mit dem Namen Hämatitroheisen bezeichnet wird, wenn es auch jetzt meist aus anderen, meist spanischen Erzen erblasen wird. Anfang der sechziger Jahre hielt man es noch für unentbehrlich zur Herstellung von Bessemerstahl. Diesen Erzen verdankt der Cumberlandbezirk sein Emporblühen, indem hier grofsartige Hochofen- und Bessemerstahlhütten entstanden, besonders das Riesenwerk von Schneider, Hannay & Co. zu Barrow-in-Furnefs, das 1872 schon mit 12 grofsen Hochöfen ausgerüstet war. Dadurch sowie durch die grofse Nachfrage nach dem Cumberlandeisenstein, selbst vom Auslande, wurde dieses Erz bald sehr verteuert und die Werke anderer Bezirke suchten nach Ersatz. Diesen lieferten überseeische Erze, vor allem die vorzüglichen Erze von Sommorostro in Nordspanien, die von Bilbao aus verschifft und deshalb als Bilbaoerze bezeichnet wurden. Diese mit einheimischen Erzen gattiert, ergaben ein sehr brauchbares Bessemerroheisen, das dem aus Cumberland-Hämatit erzeugten gleich kam. Infolgedessen führte England diese und ähnliche Erze in immer wachsenden Mengen ein. Die Einfuhr von Bilbaoerzen betrug:

1870 . . etwa	200 000 Tonnen		1890	3 040 562 Tonnen
1881	1 984 986 „		1899	6 186 000 „

Aus welchen Ländern England seine fremden Erze überhaupt bezog, zeigt folgende Zusammenstellung für das Jahr 1890:

aus Spanien	4 028 672	Tonnen
„ Algier	237 609	„
„ Griechenland	112 764	„
„ Italien	46 517	„
„ Türkei	18 968	„
„ Australien	3 475	„
„ anderen Ländern	23 785	„
	4 471 790	Tonnen zu £ 3 596 056

wozu noch 492 668 Tonnen geröstete Kiesrückstände (purple ore) von fremden Häfen kamen. Für die Darstellung von Spiegeleisen waren manganreiche Eisenerze und Manganerze nötig, die ebenfalls meist aus Spanien bezogen wurden.

Neben Herstellung von Qualitätseisen war Massenerzeugung zur Verringerung der Produktionskosten ein wichtiger Gesichts-

Digitized by Google

punkt bei Einrichtung und Betrieb der Hochofenhütten. Hierin war der Clevelandbezirk tonangebend. Seit Ende der sechziger Jahre baute man dort immer höhere Öfen (vergl. S. 450) und dieses Bestreben dauerte noch bis 1873 an, in welchem Jahre zu Ferryhill ein Hochofen von 33 m Höhe aufgeführt wurde. Dieser Ofen war verhältnismäfsig schlank, er hatte nur 835 cbm Inhalt. Viel weiter war der von Cochrane zu Ormesby 1870 erbaute Hochofen von $27\frac{1}{2}$ m Höhe und 19 m Weite im Kohlensack, der einen Fassungsraum von 1523 cbm hatte. Die Festigkeit der vortrefflichen Durhamkoks erlaubten solche Dimensionen, besonders diese früher unerreichte Höhe.

Sir Lowthian Bell sprach sich aber 1872 gegen diese riesigen Öfen aus, die keine Vorteile im Verhältnis zu den Anlagekosten böten. Er empfahl als für den Clevelanddistrikt am geeignetsten Öfen von 354 cbm Inhalt und eine Windtemperatur von 540°. Er hielt höhere Windtemperaturen von 750 bis 800° C., wie sie in den neuerfundenen steinernen Regenerativ-Winderhitzern von Whitwell und Cowper erzielt wurden, für zwecklos. Hierin hat ihm die weitere Entwickelung der Hochofenindustrie allerdings unrecht gegeben.

Die Gebrüder Bell hatten damals ihre Hochöfen zu Clarence-Works auf 24,35 m Höhe, 6,10 m Kohlensackweite und 425 cbm Inhalt vergröfsert und erzielten bei 540° C. Windtemperatur eine Wochenproduktion von 460 Tonnen Roheisen mit $\frac{1150}{1000}$ kg Koks, gegen wöchentlich 220 Tonnen bei $\frac{1750}{1000}$ Koksverbrauch in ihren alten Öfen von 14,6 m Höhe, 170 cbm Inhalt, 350° Windtemperatur. Der viel gröfsere Ofen zu Newport von 25,91 m Höhe, 8,535 m Kohlensackweite und 850 cbm Fassungsraum lieferte, obgleich man die Windtemperatur von 400° C. auf 640° C. gesteigert hatte, nicht mehr als 490 bis 500 Tonnen bei einem Koksverbrauch von $\frac{1018}{1000}$ Koks. Der Riesenofen zu Ferryhill erzielte angeblich bei 450° Windtemperatur eine Tagesproduktion von 1100 Centner, entsprechend einer Wochenproduktion von 385 Tonnen bei $\frac{850}{1000}$ Koksverbrauch. Durchschnittlich rechnete man für die Clevelanderze, die nur 32 bis 34 Prozent Eisen enthalten, im Jahre 1871 einen Koksverbrauch von 110 Prozent. In diesem Jahre waren aus 6 300 000 Tonnen geförderten Clevelanderzen 1 900 000 Tonnen Roheisen in Cleveland und den Nachbargebieten erblasen und fast ausschliefslich zu Puddeleisen verarbeitet worden.

Digitized by Google

Das Bestreben, die Hochöfen zu erhöhen, führte in Schottland zu der Erfindung des „selbstkokenden Ferrie-Hochofens“. Da die Magerkohle des Clydebeckens, womit die schottischen Hochöfen betrieben wurden, eine beträchtliche Erhöhung der Schmelzöfen nicht zuliefs, so suchte dies William Ferrie 1869 dadurch zu erreichen, dafs er dem Hochofenschacht noch einen 20 engl. Fufs hohen Schacht, der im Inneren durch zwei senkrechte, im rechten Winkel sich schneidende Wände in vier gleiche Abteilungen getrennt war, aufsetzte. In diesen Abteilungen sollten die Steinkohlen verkokt werden und die Zwischenwände einen Teil des Druckes aufnehmen, so dafs die Brennstoffsäule nur einen geringen Druck auf die Beschickungssäule im Hochofen ausüben sollte. Der erste Ofen nach Ferries Konstruktion war 1870 auf dem Eisenwerk Monkland errichtet worden. Er war mit dem cylindrischen Aufsatz 26 m (83 engl. Fufs) hoch, hatte 5,49 m Durchmesser im Kohlensack und 3,81 m Gicht, der cylindrische Aufsatz war 6,10 m hoch. Die Gase wurden abgeleitet und für Dampfkessel- und Winderhitzung benutzt. Der Ofen soll eine Mehrerzeugung von 25 Prozent bei 15 Prozent Kohlenersparung geliefert haben. Aus diesem Grunde fanden diese Öfen in Schottland Verbreitung — bis 1874 wurden sieben Hochöfen nach Ferries System gebaut — und erregten auch aufserhalb Schottlands grofse Erwartungen. Wenn diese sich auch nicht erfüllt haben, so gaben die Ferrieöfen doch die Veranlassung zu manchen Verbesserungen, namentlich zu besserer Ausnutzung der Hochofengase in Schottland.

In Süd-Wales führte die Erhöhung und Erweiterung der Hochöfen ebenfalls zu einer beträchtlichen Steigerung der Produktion. Die Wochenerzeugung stieg von 137 Tonnen im Jahre 1859 auf 174 Tonnen 1870 und auf 260 Tonnen 1877. Der Koksverbrauch fiel dabei von $2^1/_2$ auf 2 und unter 2 Tonnen auf die Tonne Roheisen. Die alten Öfen hatten nur 14 m Höhe gehabt, die um 1870 auf etwa 20 m gesteigert wurde.

Ein sehr wichtiger Fortschritt für die gesamte Hochofenindustrie war die Verbesserung der Winderhitzer und die dadurch erzielte Erhöhung der Windtemperatur. Auch diese Verbesserung wurde im Clevelandbezirk zuerst durchgeführt. Dort hatte zunächst John Gjers, ein Schwede von Geburt, welcher Direktor der Ayrsome-Eisenhütte bei Middlesborough wurde und viele Verbesserungen in der Eisenindustrie erfunden und eingeführt hat, die eisernen Röhrenapparate verbessert. Der Gjerssche Winderhitzer fand grofse Verbreitung nicht nur in Grofsbritannien, sondern auch auf dem Kontinent.

Digitized by Google

Gufseiserne Röhrenapparate konnten aber immer nur eine beschränkte Windtemperatur geben, weil die Röhren bei stärkerer Erhitzung glühend wurden und verbrannten. Es war kaum möglich, mehr als 530° C. darin zu erzielen. Es lag nahe, das von Siemens in die Feuerungstechnik eingeführte Regenerativprinzip auch auf die Winderhitzer zu übertragen, und so entstanden die steinernen Winderhitzer von Cowper, Whitwell und anderen. Edward Alfred Cowper war es, der zuerst diesen Gedanken in die Praxis eingeführt hatte (Engl. Pat. vom 19. Mai 1857, Nr. 1404). Das Steingitterwerk seines Ofens gab zwar grofse Heizfläche, verstopfte sich aber leicht und schmolz dann häufig zusammen. Deshalb ersetzte Whitwell (Engl. Pat. vom 10. November 1865, Nr. 2897) dieses Gitterwerk 1865 durch gerade auf und ab steigende Züge. Cowper verbesserte zwar seine Öfen, aber die Whitwellöfen fanden Anfang der siebziger Jahre doch mehr Anklang und Verbreitung als die von Cowper. Die ersten Whitwell-Winderhitzer, die sich bewährten, waren auf der Hütte zu Thornby 1869 errichtet worden, diesen folgten 1870 die Consett-Eisenwerke und andere.

Die ersten Cowperapparate, die grofsen Erfolg hatten, waren die von A. Cowper selbst auf den Eisenwerken von Cochrane & Co. 1871 erbauten. Sie führten alsbald eine Koksersparnis von 4 Centner pro Tonne herbei und sind bahnbrechend geworden. In demselben Jahre noch wurden die neuerbauten Hochöfen zu Barrow-in-Furnefs in Cumberland mit Cowper-Winderhitzern versehen.

In den steinernen Winderhitzern erzielte man Windtemperaturen bis zu 800° C. Als Brennmaterial dienten die den Hochöfen entzogenen Gichtgase. Man lernte den Wert guter Gichtverschlüsse und der Ableitung und Verwendung der Hochofengase für Heizzwecke schätzen und steuerte damit der Vergeudung eines wichtigen Brennstoffes. 1873 hatten selbst die schottischen Hochöfen meist schon Gichtgasfänge.

Zu einer besseren Wärmeökonomie trug auch die vortreffliche Untersuchung und Veröffentlichung Sir Lowthian Bells „Die Entwickelung und Verwendung der Wärme in den Hochöfen“ im Jahre 1870, wodurch er den Begriff der Wärmebilanz des Hochofens in die hüttenmännische Praxis einführte, bei.

Die Clevelanderze wurden geröstet und zwar geschah dies in sehr geräumigen Schachtöfen. Die Borie-Röstöfen der Clarencehütte bei Eston waren 14 m hoch. Gjers führte verbesserte Röstöfen zu

Digitized by Google

Ayresome bei Middlesborough ein, die 10 m Höhe und 7,31 m Durchmesser hatten. Wil. Siemens sowie Howson und Wilson nahmen Patente auf Gasröstöfen (1874). 1873 gab es im Clevelandbezirk bereits Hochöfen von 7000 engl. Kubikfufs Fassungsraum.

John Gjers hatte schon in den sechziger Jahren in Cleveland stehende, direkt wirkende Gebläsemaschinen eingeführt, die rasch Verbreitung fanden und deshalb in England als Clevelandmaschinen bezeichnet wurden.

In Süd-Wales hielt man dagegen noch an den alten riesigen Balanciergebläsen, die den Wind für mehrere Öfen zugleich lieferten, fest. 1874 bauten Dick und Stevenson auf der Govanhütte in Schottland ein neues Gebläse, bei dem der Dampfcylinder über dem Gebläsecylinder stand, wodurch eine leichtere, billigere Fundamentierung erzielt wurde.

Einen verbesserten hydraulischen Gichtaufzug konstruierte T. Wrightson 1874 auf den Teesdale-Eisenwerken, der dann auch auf anderen Hütten eingeführt wurde.

Lürmanns Schlackenform und die Zustellung der Hochöfen mit geschlossener Brust fanden mehr und mehr Eingang und waren 1874 schon ziemlich verbreitet.

Bei den 12 grofsen Hochöfen zu Barrow-in-Furnefs waren 1871 die sämtlichen Düsenstöcke hängend, indem sie von einem weiten Ringrohr, das höher als die Formen um den Ofen lag, abzweigten, eine Konstruktion, die ihrer Zweckmäfsigkeit wegen rasch Nachahmung fand.

Wir haben bereits angeführt, dafs viele Hütten auf Qualitätsroheisen besonders für Bessemerstahl arbeiteten. Zunächst geschah dies in Cumberland und Lancashire mit Cumberlander Hämatit, zu Workington, Cleator, Maryport und Whitehaven. Durch den Bezug spanischer Erze gelang es den grofsen Eisenhütten in Süd-Wales, Ebbw-Vale und Dowlais, ein gutes Bessemerroheisen zu erblasen. Dieses Beispiel fand in Cleveland und in anderen Gebieten Nachahmung. 1874 bliesen bei Sheffield neun Hochöfen Bessemerroheisen aus ausländischen Erzen. Ebbw-Vale vermochte bereits 1871 auch sein eigenes Spiegeleisen, das bis dahin aus dem Auslande, zumeist dem Siegerlande, bezogen werden mufste, darzustellen. Der hohe Preifs von £ 14 pro Tonne sank dadurch um mehr als die Hälfte. Bald folgten die Werke von Dowlais, von W. Siemens zu Landore, von Bolckow, Vaughan & Co. in Cleveland und J. Brown legte sogar in

Digitized by Google

West-Cumberland einen Hochofen an, mit dem er Spiegeleisen aus südspanischen Erzen erblies. Ebbw-Vale und Bolckow, Vaughan & Co. erbliesen Spiegeleisen mit 12 Prozent Mangangehalt, Siemens auf dem Landorewerk ohne ein Lot Spateisenstein Spiegeleisen mit 10 bis 20 Prozent Mangan.

Zu den Spezialeisensorten gehörte auch das siliciumreiche, weifse „glazed pig“, welches mit einem Gehalt von 8 Prozent Silicium auf der Tawlaw-Hütte bei New Castle aus kiesel- und thonerdereicher Beschickung bei heifsem, aber langsamem Ofengang erblasen wurde.

In Süd-Wales [1]) beziehungsweise in den Grafschaften Monmouth- und Glamorganshire waren die berühmten grofsen Hüttenwerke aus den Händen von Privatbesitzern in die von drei mächtigen Gesellschaften übergegangen. Die Ebbw-Vale Eisen- und Stahlgesellschaft umfafste die Werke Ebbw-Vale, Sirhowy und Pontypool mit 24 Hochöfen, von denen 1873 21 in Betrieb standen; von diesen gingen vier auf Bessemerroheisen, einer auf Spiegeleisen, die übrigen auf Puddelroheisen. Die Dowlais-Eisengesellschaft besafs auf ihrem alten und ihrem neuen Werk 15 Hochöfen. Eine dritte Gesellschaft, der die alten Werke Tredegar, Rhymney und Nantyglo gehörten, war nicht so bedeutend.

Die grofsen Hochofenanlagen in Süd-Wales waren, von der Natur begünstigt, vorzüglich disponiert, indem sie sich in drei Terrassen aufbauten. Auf der oberen lagen die Hochöfen mit direkter Zufuhr von Erzen und Kohlen aus den Bergwerken, auf der zweiten die Puddel- und Walzwerke, auf der dritten fand die Verladung in die eigenen Kanäle und Eisenbahnen statt, welche die Werke mit dem Seehafen von Cardiff verbanden. Aufser eigenen Erzen verschmolz man solche aus Cumberland und aus Spanien sowie Puddel- und Schweifsschlacken. Zu Dowlais verwendete man nur rohe, magere, anthrazitartige Steinkohlen, in Ebbw-Vale mit diesen auch Koks. Die Verkokung geschah noch nach alter, wenig sparsamer Weise in Rundöfen, die in langen Massiven von 88 Öfen, 44 auf jeder Seite, vereinigt waren und mit eingelegten Stangen, Ketten und Haspel gezogen wurden. Man hatte dabei nur 50 Prozent Ausbringen. Die Koks waren fest und gut. 1873 begann man zu Ebbw-Vale mit dem Bau von Coppee-Öfen. Der Kohlenverbrauch im Hochofen betrug durchschnittlich $\frac{32}{21}$ des Eisenausbringens. Über die Erhöhung der Hochöfen in Süd-Wales und

[1]) Vergl. Alphons Petzold, Die Erzeugung der Eisen- und Stahlschienen 1874.

Digitized by Google

die dadurch erzielte Steigerung der Produktion haben wir oben berichtet. Die alten Öfen hatten meist cylindrisches Rauhmauerwerk von 28 Fufs Durchmesser. Als Kraftbedarf rechnete man 60 Pferdekräfte für 100 Tonnen Wochenproduktion. Bei weifsem Puddelroheisen blies man mit 3 Zoll Winddruck und betrug der Windbedarf 8000 Kubikfufs pro Minute bei 275 Kubikyard Ofeninhalt. Die Öfen von Süd-Wales zeichneten sich durch gute Gichtverschlüsse, die eine peripherische Verteilung des Möllers gestatteten, aus; dieselben wurden von zwei Mann an einem Haspel und von einem dritten an einer Pronyschen Bremse geöffnet und geschlossen. Alle Gase wurden abgeleitet und für Dampferzeugung und Winderhitzung verwendet.

Die gröfseren Öfen zu Ebbw-Vale hatten etwa 40 Tonnen Tageserzeugung. Die Hochöfen von Süd-Wales zeichneten sich durch regelmäfsigen Betrieb und lange Hüttenreisen aus. Sieben Jahre gingen die Öfen zum mindesten, Campagnen von 12 bis 15 Jahren waren nicht selten, ein Ofen von Pontypool erlebte eine Hüttenreise von 33 Jahren. Das Roheisen von Süd-Wales war von guter Qualität, besser als das von Cleveland und Staffordshire. Für Spiegeleisen wurden die besten Sorten ausgewählt und mit Manganerzen von Spanien verschmolzen. Weifses Roheisen wurde auf körniges Eisen für Schienenköpfe, graues auf sehniges Eisen für die Schienenfüfse und halbiertes auf ein mittleres Eisen für die Schienenstege verpuddelt. Für bessere Qualität wurde graues Eisen in Feineisenfeuern nach alter Weise raffiniert. Die durchschnittliche Zusammensetzung der wichtigsten Roheisensorten war:

Bestandteile	Bessemer-roheisen	Puddel-roheisen
Eisen	94,00	95,10
Kohlenstoff	3,80	2,50
Silicium	2,25	1,00
Schwefel	0,03	0,50
Phosphor	0,05	0,70
Mangan	0,40	0,20

In Süd-Staffordshire war zu Anfang der siebziger Jahre noch eine grofse Zahl kleinerer Hochöfen in Betrieb. Von den vorhandenen 165 Hochöfen waren etwas über 100 thätig. Die Zahl der Öfen verminderte sich aber von Jahr zu Jahr, indem Öfen von gröfserer Leistungsfähigkeit an ihre Stelle traten. 1895 standen nur 19 Hoch-

Digitized by Google

öfen im Feuer. Die Jahresleistung eines Ofens war aber von 7257 Tonnen auf 18895 Tonnen gestiegen.

In Cleveland erreichten die Hochöfen bei Middlesborough durch die eingeführten Verbesserungen 1873 eine Tagesproduktion von 75 Tonnen. Zu Norton hatte man die Hochöfen (1874) mit zwei Abstichen, je einen auf den gegenüberliegenden Seiten, und dementsprechend mit zwei Giefshallen versehen und wechselte damit alle 15 Tage. Jeder der vier Öfen hatte seine eigene Dampf- und Gebläsemaschine. Ein Ofen schmolz 5000 kg in der Stunde.

In Schottland stand die Hochofenindustrie in den siebziger Jahren in hoher Blüte. Die wichtigsten Hütten waren Carron Works, das älteste Werk mit Steinkohlenbetrieb, Clyde Works, sodann Govan Works mit fünf Hochöfen und Calder Works, beide William Dixon gehörig. Gartsherrie Iron Works bei Coatbridge, der Familie Baird gehörig, war das ausgedehnteste Werk mit 16 Hochöfen. Hierzu erwarb die Firma Baird & Sons die Eglinton-Werke mit acht Hochöfen, die Lugar-Werke mit vier und die Portland-Werke mit sechs Öfen; im ganzen besafs sie 37 Hochöfen; ihre Arbeiterzahl belief sich an 9000. Die Summerlee-Eisenwerke, die 1836 erbaut waren, gehörten J. Neilson & Wilson. Bei Coatbridge lagen noch die Langloan-Werke, Addin & Sons gehörig, mit acht, und Monkland mit sieben Hochöfen. Das 1837 von Houldsworth gegründete Coltness-Eisenwerk hatte 12 Hochöfen. Neu erbaut war die Almondhütte mit zwei Öfen. Alle diese Werke lieferten vortreffliches Giefsereieisen mit Steinkohle, während nur noch „Lorne Furnace“ bei Burnave Brauneisensteine und Hämatit von Cumberland mit Holzkohlen schmolz.

In England und Schottland führte das Streben nach Vergröfserung der Hochöfen vielfach zu gänzlichem Umbau derselben, wobei die massive Steinumhüllung durch ein leichtes Rauhmauerwerk, das auf einem von Säulen getragenen Eisenring ruhte und durch Blechmäntel oder eiserne Bänder zusammengehalten war, verdrängt wurde.

Die Zustellung mit geschlossener Brust und die Lürmannsche Schlackenform sah L. Peletan 1875 zu Clarence, Thornaby und Norton in Cleveland, zu Consett in Durham, zu Workington in Cumberland und zu Dowlais in Süd-Wales. Die Hütte zu Workington bei Whitehaven war sehr vergröfsert worden und besafs 1876 sechs Hochöfen, welche die vortrefflichen Hämatite von Cleaton-Moor und Barrow zu Bessemerroheisen verschmolzen. Als Gichtverschlufs dienten fast überall der Parrysche Trichter und Darbys Centralrohr.

1876 war ein Jahr wirtschaftlichen Niederganges für Grofs-

Digitized by Google

britannien. Im Clevelanddistrikt fallierten etwa 30 Firmen, in Monmouth und Süd-Wales war das Eisengeschäft seit 50 Jahren nicht so gedrückt gewesen. Man suchte überall durch bessere Betriebsvorrichtungen Ersparnisse zu erzielen. Dafs dieses Streben nicht ohne Erfolg war, ersieht man aus dem nachstehenden Kohlen- und Erzverbrauch der Hochöfen von Cleveland von 1874 bis 1876[1]):

	Verbrauch auf 1 Tonne Roheisen		
	von Steinkohlen Tonnen	von Erzen Tonnen	mit Eisengehalt von Prozent
1874	2,55	2,64	37,9
1875	2,45	2,60	38,5
1876	2,37	2,71	36,9

Die Verwendung von gebranntem Kalk als Zuschlag war um diese Zeit in Cleveland ziemlich allgemein geworden. 1877 wurden in Cleveland 6 280 000 Tonnen Erze gefördert und in 165 Hochöfen 1 233 418 Tonnen Roheisen erblasen, dessen Phosphorgehalt 1,05 bis 1,86 Prozent betrug. Der durchschnittliche Typus der Clevelander Hochöfen war nach Thomas Whitwell damals 24½ m Höhe, 7 bis 7,6 m Weite im Kohlensack und 2,40 m im Gestell.

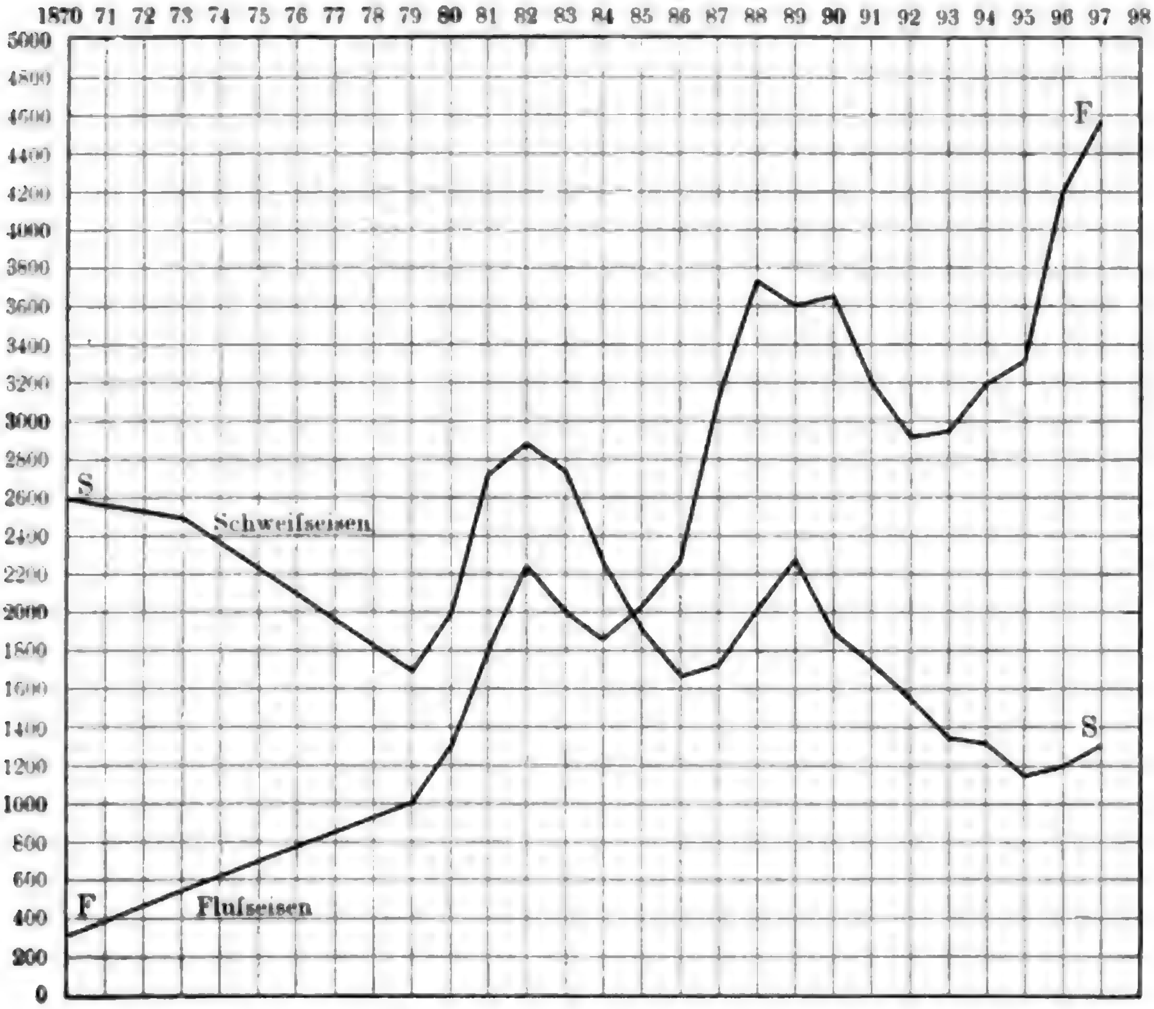
Am 21. Juni 1878 starb in Ramsgate H. W. T. Bolckow, ein geborener Mecklenburger, der sich um den Aufschwung der Eisenindustrie des Clevelandbezirkes grofse Verdienste erworben hatte und als der eigentliche Begründer der dortigen Eisenindustrie anzusehen ist. Um diese Zeit war die von ihm gegründete Firma Bolckow, Vaughan & Co. die gröfste Produzentin in Grofsbritannien; sie besafs 28 grofse Hochöfen mit einer Leistungsfähigkeit von 12 Millionen Centner im Jahr. Für das neue Bessemerwerk wurde Hämatiteisen aus Campanil von Bilbao und aus Cumberlanderzen erblasen.

Die Cowperapparate, an denen Siemens und Cochrane Verbesserungen anbrachten, breiteten sich um diese Zeit mehr und mehr aus, da sie bei gleicher Leistung billiger waren als die von Whitwell und weniger Raum erforderten. Ebenso war man bestrebt, die Hochofenschlacken besser zu verwerten. Drei Formmaschinen für Schlackenziegel nach Woods Patent waren 1878 auf der Teeshütte im Gebrauch. Ein Mr. Britton legte bei den Hochöfen zu Fenedon in Northhamptonshire eine Glasfabrik an. Er verarbeitete die Hochofen-

[1]) Metallurgical Review, Febr. 1878, S. 599.

schlacke, die er flüssig in einen Schmelzofen leitete und mit Sand und Alkalien zu Glas verschmolz. In Staffordshire und zu Moss-Bay in Cumberland machte man Glas und Schlackenwolle aus der Hochofenschlacke. — Seit Mitte der siebziger Jahre hatte man begonnen, die eisenreichen Kiesabbrände der Schwefelsäurefabriken, die frei von Phosphor waren, im Hochofen zu verschmelzen, und diese Verwendung hatte zu Ende des Jahrzehnts noch bedeutend zugenommen. Die

Fig. 341.



schottischen Hochofenhütten bezogen bereits 1877 Clevelanderze, da die eigene Erzförderung nicht mehr ausreichte.

Die durchschnittliche Tagesleistung der britischen Hochöfen war von 1870 bis 1880 von 30 Tonnen auf 46¼ Tonnen gestiegen.

Wenden wir uns nun zu der Verarbeitung des Eisens in Grofsbritannien, so sehen wir, dafs zu Anfang der siebziger Jahre noch bei weitem das meiste Roheisen im Puddelofen in Schweifseisen verwandelt wurde, dafs aber die Flufseisenerzeugung in Bessemerbirnen und auch in Siemens-Martin-Flammöfen von Jahr zu Jahr zunahm. Die graphische Darstellung in Fig. 341 giebt ein Bild der

Digitized by Google

Zu- und Abnahme der Flufs- und Schweifseisenproduktion. Die Linien nähern sich bis 1879, bewegen sich dann gemeinschaftlich aufwärts bis 1882, fallen dann gemeinschaftlich, aber ungleich und 1884 beginnt die Flufseisencurve wieder rasch zu steigen und durchschneidet bereits in diesem Jahre die Schweifseisenlinie, die jetzt tiefer und tiefer unter jener bleibt, indem die Schweifseisenerzeugung sich vermindert, die Flufseisenerzeugung nach kurzem Falle 1890 bis 1892 wieder rasch in die Höhe geht, so dafs der Abstand beider Linien immer mehr zunimmt.

Der Konkurrenzkampf des Schweifseisens gab Anlafs zu zahlreichen Anstrengungen, den Bau und Betrieb der Puddelöfen zu verbessern. Man versuchte Siemens' Regenerativfeuerung auch auf die Puddelöfen zu übertragen, brachte Wasserkühlungen an den Seiten und unter dem Boden an, versuchte es mit den verschiedensten Stoffen zur Auskleidung des Herdbodens, erwärmte die Verbrennungsluft, blies Wind über der Feuerbrücke ein u. s. w. Die Zahl der für diese Verbesserungen genommenen Patente ist eine sehr bedeutende.

Die gröfsten Hoffnungen setzte man aber auf die rotierenden Öfen, besonders seit im Jahre 1870 sehr günstige Berichte über den von Danks in den Vereinigten Staaten erfundenen Rotator nach England gelangten. Das neugegründete Eisen- und Stahlinstitut schickte 1871 eine Kommission von Sachverständigen zum Studium der Danksöfen nach den Vereinigten Staaten (s. S. 591), die sich ebenfalls lobend aussprach, ganz besonders der Berichterstatter George J. Snelus. Man entschlofs sich um so lieber zur Einführung dieses neuen Puddelverfahrens, als die Eisenarbeiter infolge des Aufschwunges der Industrie Lohnerhöhungen verlangten und die Puddler und Schweifser wiederholt die Arbeit einstellten. Da der Betrieb des rotierenden Ofens nur wenige Hände zur Bedienung erforderte, so glaubte man sich dadurch den Forderungen der Puddler entziehen zu können. So wurden die Danksöfen eingeführt und zwar zuerst im Clevelandbezirk. Hopkins, Gilkes & Co. begannen damit auf ihrem Eisenwerk bei Middlesborough, dann folgte John A. Jones, eins der Kommissionsmitglieder, das bei Middlesborough ein Puddel- und Walzwerk mit 12 Danksöfen, die von drei Kupolöfen gespeist wurden, anlegte; ferner die Carlton-Werke, Tees-Side, hierauf Bolckow, Vaughan & Co. auf ihrem Eisenwerk Erimus. Aber auch in Süd-Wales sowie in anderen Provinzen wurden Danksöfen errichtet; 1872 waren 74 im Bau.

Digitized by Google

Die Danksofenanlage der Erimushütte in Cleveland bestand aus zwei gegenüberliegenden Reihen von rotierenden Öfen, auf der einen Seite acht, auf der anderen sieben, dazwischen Drehkräne zur Bedienung. Die zuletzt gebauten sechs Öfen waren mit Wasserkühlung versehen. Die Charge von 1000 kg Roheisen wurde flüssig eingegossen. Der Ofen machte anfangs drei, während der Kochperiode fünf Umdrehungen in der Minute und gab nach etwa 40 Minuten 900 kg Luppeneisen.

Da aber die Danksöfen den Erwartungen vielfach nicht entsprachen und fortwährende Reparaturen erforderten, so suchte man sie zu verbessern. Es fanden besonders zwei neue rotierende Öfen Eingang, der von Crampton (1872) und der von Spencer (1873). Letzterer unterschied sich von dem Danksofen ursprünglich nur dadurch, dafs er statt des einen Zahnkranzes in der Mitte zwei Zahnkränze an den beiden Enden des cylindrischen Ofens hatte; später gab man der Drehkiste einen viereckigen Querschnitt, was angeblich eine bessere Entphosphorung bewirkte. Ein anderer Vorteil bestand darin, dafs die Luppen nicht so übermäfsig grofs wurden wie bei den Danksöfen. Cramptons Ofen, der für Kohlenstaubfeuerung eingerichtet war, hatte sich in Woolwich zuerst gut bewährt und verdrängte auch auf verschiedenen Werken Nordenglands die Danksöfen. 1873 fanden letztere dadurch wieder gröfsere Verbreitung, dafs Danks auf seine hohe Licenzgebühr verzichtete und sich mit einer mäfsigen Entschädigung begnügte. Heath zu Ravensdale in Staffordshire erzielte gute Resultate mit Danksöfen. Die übertriebenen Erwartungen, die man auf diesen neuen Betrieb gesetzt hatte, erfüllten sich aber im ganzen nicht.

William Siemens konstruierte ebenfalls einen Rotator, den er mit seiner Regenerativgasfeuerung verband, um darin direkt Eisenerze durch den „Präcipitationsprozefs“ auf schmiedbares Eisen zu verschmelzen. Dieses neue Verfahren, das er zu Towcester einführte, erregte die gröfsten Hoffnungen.

Bei der Billigkeit guter Steinkohlen hatte bis dahin der Gasofenbetrieb in England nicht die Bedeutung erlangt wie in den kohlenärmeren Ländern des Kontinents. William C. Siemens hatte sich aber schon 1868 einen Puddelofen für Gasbetrieb mit Regeneratorfeuerung patentieren lassen (Nr. 1172). William Gorman in Glasgow nahm ein Patent auf den Betrieb von Puddelöfen mit Gasgeneratoren (Engl. Pat. vom 12. Novbr. 1869, Nr. 3267). 1873 wurden zu Hadley in Staffordshire nicht weit von Crewe 40 Puddelöfen mit Siemens-Regeneratoren betrieben.

Digitized by Google

Von grofser Wichtigkeit waren die Vorschläge, die eine Reinigung des Roheisens, besonders von Phosphor und Silicium, bezweckten. Dies sollte teils durch das Ofenfutter, teils durch Zusätze erreicht werden. Von den vielen darauf bezüglichen Patenten erwähnen wir das von James Henderson, der Flufsspat und Eisenoxyd dafür verwendete (Engl. Pat. 1870, Nr. 1051, 1544, 2940), weil dieses Verfahren eine ziemlich grofse Verbreitung fand.

Zugleich mit den Puddelöfen und deren Betrieb verbesserte man auch die Walzwerke, besonders um die Produktion zu steigern. Da diese Verbesserungen dem Puddeleisen und dem Flufseisen gemeinschaftlich zu gute kamen, wollen wir sie später bei dem Flufseisen aufführen.

Das meiste Puddeleisen wurde Anfang der siebziger Jahre noch zu Eisenbahnschienen verarbeitet, obgleich man die Überlegenheit der Bessemerschienen bereits erkannt hatte. Der hohe Preis und die geringe Leistungsfähigkeit der Bessemerwerke standen deren allgemeiner Verwendung damals noch im Wege.

Zu den gröfsten Puddelwerken Englands gehörten die von Ebbw Vale und Dowlais in Süd-Wales; die von Ebbw Vale zählten 173 Puddelöfen neben fünf Konvertern und vier Schienenwalzwerke mit einer Wochenproduktion von 3000 Tonnen, wovon nur 600 Tonnen Stahlschienen waren. Die Arbeiterzahl der Eisenwerke der Ebbw Vale-Gesellschaft betrug 20000. Die Dowlais Iron Company arbeitete mit 160 Puddelöfen, 6 Konvertern und 5 Schienenwalzwerken, wovon 2 Stahlschienen walzten; die Arbeiterzahl belief sich auf 12000. Die Puddelöfen waren alle einfach mit luftgekühlten Feuerbrücken. Der Roheisensatz wog 450 bis 550 engl. Pfund; man machte mit sechs Chargen in der zwölfstündigen Schicht 30 bis 40 Centner Luppeneisen bei einem Steinkohlenverbrauch von 16 Centner auf die Tonne. Die Arbeitslöhne wurden nach dem Gewicht bezahlt, und zwar 8 bis 9 Schilling auf die Tonne. Jeder Ofen hatte einen Puddler und einen Gehülfen. Die Arbeit ging verhältnismäfsig leicht. Das Ausziehen der Luppe geschah mit einer Zange an einer Kette, die durch einen Haspel bewegt wurde. Man rechnete den Roheiseneinsatz zu $\frac{22}{20}$ des Ausbringens, was nur infolge des Zuschlages von pulverisiertem Glaskopf, der während des Puddelns schaufelweise eingeworfen wurde, möglich war. Dieser Zusatz beschleunigte die Oxydation des Siliciums, bewirkte dadurch einen hitzigen Gang, beschleunigte Schlackenabsonderung und beförderte die Entkohlung. Die Luppen kamen unter Quetschen, die meistens doppelarmig waren. Auf 16 Puddelöfen kam eine Luppen-

Digitized by Google

quetsche und ein Luppenwalzwerk. Der Luppenwagen, auf dem die Luppe vom Ofen zur Quetsche gefahren wurde, war ein einfacher Ring auf einem Rädergestell. Die gezängte Luppe wurde in derselben Hitze zu Luppenstäben von 2 bis $4^1/_2$ engl. Zoll Breite und $^3/_4$ bis $^7/_8$ Zoll Dicke ausgewalzt. Dies erforderte nur $1^1/_2$ Minuten. Die Luppenwalzen machten 80 Umdrehungen, Luppenquetsche und Schere 15 Touren in der Minute.

Die chemische Veränderung ergiebt sich aus nachstehenden Analysen.

	Im Roheisen	Im Luppeneisen
Kohlenstoff	2,55	0,15
Silicium	1,04	0,26
Schwefel	0,60	0,11
Phosphor	0,72	0,31
Mangan	0,35	0,06

William Menelaus, Direktor zu Dowlais, war bekanntlich einer der ersten gewesen, die den feststehenden Flammofen durch einen Drehpuddelofen ersetzen wollten, und hatte einen solchen schon 1865 konstruiert (Engl. Pat. vom 20. März 1865, Nr. 779). Aber weder die mit diesem Ofen noch die mit einem Spencer-Ofen 1873 erzielten Erfolge waren befriedigend.

Für die Schienenfabrikation wurde dreierlei Eisen gepuddelt: ein hartes, körniges Eisen (Feinkorneisen, fer dur) für den Kopf, ein Eisen halb Korn, halb Sehne (fer métis) für den Steg und ein sehniges Eisen (fer fort) für den Fufs. Dementsprechend wurden die Pakete aufgebaut, die Kopf- und Fufsplatten derselben bestanden aus vorgeschweifstem oder dubliertem Eisen. Das Paket einer schweren Vignolesschiene von 7,532 m Länge und 35 kg Gewicht pro laufendes Meter wog 780 engl. Pfund. Von diesen schweren Paketen wurden drei Stück pro Charge eingesetzt. Das Ausziehen der Pakete geschah wie das der Luppen mit Kette und Haspel. Nachdem das Paket in der Vorwalze geschweifst war, gelangte es zurück in den Schweifsofen und erhielt die Vollendhitze, mit der es fertig gewalzt wurde. Ein voller Walzenzug lieferte 120 Tonnen Schienen in 24 Stunden. Hierzu waren acht Vorschweifsöfen und vier Nachschweifsöfen erforderlich. Die Vollendwalzen bestanden aus zwei nebeneinander liegenden Gerüsten. Das erste derselben, gewissermafsen das zweite Vorwalzwerk, war als Universalwalzwerk konstruiert. Das

Digitized by Google

Vollendwalzgerüste (finisseur) bestand nur aus einem Walzenpaar mit fünf Kalibern, von denen das letzte in der Mitte lag. Angetriebene Tragwellen führten die fertige Schiene, sobald sie das Fertigkaliber verlassen hatte, selbstthätig der Schere zu. Die volle Leistung eines Waleser Schienenwalzwerks von 120 Tonnen übertraf die der Walzwerke des Kontinents, die damals nicht mehr als 70 Tonnen betrug, beträchtlich. Die Vorteile lagen 1. in der Trennung der Vor- und Vollendwalzen, 2. in der grofsen Zahl der Schweifsöfen, 3. in der konstanten Tourenzahl der Walzen, 4. und 5. in der mechanischen Beförderung der Pakete und der Schienen, 6. in der Art der Arbeitsverteilung und 7. in der Art der Arbeitsvergütung nach der Leistung. — In Ebbw Vale geschah das Richten der Schienen erst heifs, dann kalt. In Dowlais richtete man die Schienen nur kalt, was dadurch möglich war, dafs diese selbst im Kopf sehniges Eisen enthielten, und man bediente sich dazu mit Dampf betriebener Kaltrichtpressen. Die Schienen waren nach dem Richten so passend, dafs nur 10 Prozent eines Nachfräsens der Endflächen bedurften. Die Zahl der Puddelöfen und Walzwerke erfuhr bis 1875/76 eine Zunahme, von da bis 1884 eine langsame Abnahme, wie die nachfolgende Tabelle zeigt.

Jahr	Zahl der		
	Puddel- und Walzwerke	Puddelöfen	Walzwerke
1871	267	6841	866
1872	276	7311	1015
1873	287	7264	939
1874	298	6803	866
1875	314	7575	909
1876	312	7159	942
1877	300	6796	935
1878	332	5125	830
1879	314	5149	846
1880	314	5134	855
1881	311	5541	896
1882	335	5707	917
1883	252	5602	904
1884	259	4577	875

Von da ab trat eine raschere Abnahme des Puddelbetriebes ein. 1886 waren nur 2908 Puddelöfen in Betrieb. 1876 entfielen von den 7159 Puddelöfen 1894 auf Cleveland.

Hopkins, Gilkes & Co. erhielten damals in neun Drehpuddelöfen aus Middlesborough-Roheisen ein Schweifseisen von 0,08

Digitized by Google

bis 0,17 Prozent Phosphor. Ebenso gaben 1876 Danksöfen gute Resultate in dem Eisenwerk von Heath. Einen verbesserten Rotator mit Gasfeuerung führten Howson und Godfrey 1878 ein (Patent vom 20. Dezember 1875). In Staffordshire waren 1876 auch Casson-Darmoy-Öfen mit mechanischen Rührern in Anwendung. Bessere Ergebnisse erzielte man in Prices Retorten-Puddelöfen durch Zusatz von reinem Hämatit. Der mechanische Betrieb, namentlich im Rotator, gab in Cleveland zwar ein phosphorfreieres Eisen, konnte aber mit dem basischen Konverter- und Flammofenbetrieb nicht konkurrieren. — Zum Drücken der Luppen wurde vielfach Winslows Luppenmühle und Wil. Siemens hydraulische Luppenpresse (1879) angewendet.

In Süd-Staffordshire war 1876 B. Lloyds Patentachsen-Walzwerksgesellschaft das gröfste Eisen- und Stahlwerk geworden. Das Patent bezog sich auf die Herstellung kreisförmiger Pakete aus keilförmig gewalzten Stäben.

Die Versuche, durch Verbesserungen den Puddelprozefs und sein Produkt, das Schweifseisen, gegenüber dem Flufseisen zu behaupten, hatten nur vorübergehenden Erfolg.

Der Siegeslauf der Flufsstahlfabrikation war seit dem Jahre 1870 ein unaufhaltsamer. Ihr wendete sich das Interesse der Metallurgen in Theorie und Praxis vorzugsweise zu, weil man ahnte, dafs ihr die Zukunft gehöre. Galt dies besonders von dem Konverterprozefs, so nahm doch auch der Flammofen- oder Siemens-Martin-Prozefs in dem ersten Jahrzehnt schon einen ganz bedeutenden Aufschwung, wie die nachstehende Zusammenstellung zeigt.

Britische Erzeugung von Siemens-Martinstahl (Herdstahl) von 1870 bis 1880 in Tonnen.

Jahr	Erzeugung	Jahr	Erzeugung
1870	11 150	1876	123 000
1871	27 000	1877	137 000
1872	42 000	1878	175 500
1873	77 500	1879	175 000
1874	90 500	1880	251 000
1875	88 000		

Es ist das hervorragende Verdienst des genialen William C. Siemens, dieses Verfahren eingeführt und nach verschiedenen Richtungen ausgebildet zu haben. Er entwickelte den Flammofenprozefs in England in dreierlei Weise: 1. als Siemens-Martin-Verfahren, welches in einem Zusammenschmelzen von Roheisen und Schmiedeeisen- oder

Digitized by Google

Stahlabfällen im Regenerativ-Flammofen bestand, 2. als Erzstahlprozefs, wobei Roheisen durch Zusatz reiner oxydischer Erze entkohlt wurde, und 3. als Präcipitationsprozefs, wobei reine Erze zu einer eisenreichen Schlacke geschmolzen und aus dieser das Eisen durch Kohle ausgefällt wurde. Letzteren bildete Siemens zu Towcester aus und zwar anfangs in einem Kaskadenofen, später im Rotator. 1878 lieferte Towcester so hergestellte überschmiedete Luppen für 114 Mark und daraus geschweifstes Eisen für 139 bis 144 Mark die Tonne.

Den eigentlichen Siemens-Martinprozefs hatte er erst auf seinen Sample Works in Birmingham, dann 1869 in Landore bei Swansea eingeführt. Dieses Verfahren bürgerte sich bald auf allen grofsen Walzwerken zur besseren Verwertung der Schmiedeeisen- und Stahlabfälle, besonders von Schienenenden und dergleichen, ein, so z. B. zu Dowlais, wo 1875 sechs Siemens-Martinöfen von je 12 Tonnen Einsatz in Betrieb standen. Die Heizgase wurden von 48 Gasgeneratoren erzeugt.

Besondere Mühe und Sorgfalt verwendete W. Siemens auf den Erzstahlprozefs, den er erst zu Hallside und später zu Landore zur Durchführung brachte, weshalb er häufig als Landoreprozefs bezeichnet wurde.

Auf Grund von Siemens' Patenten und Entwürfen erbaute 1871 die Hallside Open Heath Steel Company zu Hallside bei Newton, 15 engl. Meilen südlich von Glasgow, mitten im Kohlengebiet ein Stahlwerk mit 16 Regenerativ-Flammöfen, acht zu 6 Tonnen und acht zu 12 Tonnen Einsatz zum Stahlschmelzen. Die Öfen lagen in zwei Reihen einander gegenüber. Jeder hatte seine eigene Giefsgrube. Über die Giefsgruben lief eine Schienenbahn, auf der sich die Schmelzkessel bewegten. Die Gasfeuerung wurde von 20 Gasgeneratoren, von denen jeder mit vier Rosten versehen war, gespeist. Die Beschickung der 6-Tonnen-Öfen bestand 1875 aus 3000 kg Roheisen, 1200 bis 1500 kg Stahlabfällen und 1000 bis 1500 kg spanischen oder afrikanischen Eisenerzen. Das Verhältnis war im allgemeinen $^1/_2 : ^1/_4 : ^1/_4$. Zum Fertigmachen wurden 7 bis 9 Prozent Spiegeleisen zugesetzt. Eine Charge dauerte im ganzen sechs bis sieben Stunden, so dafs drei Chargen in 24 Stunden gemacht wurden, die 15 bis 16 Tonnen Stahl ergaben.

Zu Landore hatte man erst den gewöhnlichen Siemens-Martinprozefs eingeführt. Später ging man zum Erzprozefs über. Die Anlage umfafste ebenfalls 16 Regenerativ-Flammöfen in zwei Reihen. Man erzeugte ein vorzügliches weiches Material, das bereits 1873 versuchsweise und seit 1875 dauernd für die Weifsblechfabrikation und 1878

beim Schiffsbau Verwendung fand. Das Bestreben nach Verbesserung des Verfahrens war auf die Vergröfserung der Schmelzöfen und des Erzsatzes gerichtet. — Ferner wurden in diesen Öfen von Siemens und anderen die Entphosphorung des Roheisens in verschiedener Weise versucht, worauf wir später noch zurückkommen.

Im Laufe der siebziger Jahre vermehrte sich die Zahl der Eisenwerke, die Herdstahl darstellten. Die 1871 entstandene Stahlgesellschaft von Schottland war auf dieses Verfahren gegründet, ebenso arbeiteten die Blochairn-Stahlwerke nur mit Siemens-Martinöfen, da sich das schottische Roheisen für den Bessemerprozefs nicht eignete. Die Erzeugung eines Ofens betrug 1875 50 Tonnen die Woche.

Eine noch viel gröfsere Bedeutung als die Flammofen-Flufsstahlerzeugung hatte der Bessemerprozefs seit dem Jahre 1870 erlangt, wie sich aus folgenden Zahlen ergiebt.

Erzeugung von Bessemerstahl in Grofsbritannien von 1870 bis 1880.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1870	215 000	1876	700 000
1871	329 000	1877	750 000
1872	410 000	1878	800 447
1873	496 000	1879	847 863
1874	540 000	1880	1 061 092
1875	620 000		

Zu diesem Aufschwung trug auch der Umstand bei, dafs mit dem Jahre 1870 Bessemers Patent erlosch und damit die Licenzgebühren in Wegfall kamen. Dazu kam weiter, dafs man in den spanischen Bilbaoerzen ein Mittel gefunden hatte, durch Gattieren derselben mit einheimischen Erzen ein sogenanntes Hämatitroheisen zu erzeugen, das dem aus Cumberlander Erzen erblasenen nicht nachstand. Infolgedessen wurde der Bessemerprozefs in Süd-Wales erfolgreich eingeführt. Die Hütte zu Barrow in Furnefs wurde 1870 bis 1872 zu einem grofsartigen Bessemerwerk erweitert. Auch in Cleveland, wo 1870 noch ausschliefslich der Puddelprozefs herrschend war, entschlofs man sich zur Anlage von Bessemerkonvertern. In das Jahr 1871 fällt die wichtige theoretische Untersuchung des Bessemerprozesses von G. J. Snelus in Dowlais. Ferner führten Roscoe, Williams und Snelus die Spektralbeobachtung als ein wirksames Kontrollmittel des Bessemerprozesses ein. Ende 1871 zählte man in Grofsbritannien bereits 19 Bessemerwerke mit 91 Konvertern. Bis dahin hatte man das Birnenfutter

ausschliefslich aus Ganister hergestellt. 1871 führten Wilson und Wood zuerst die Ausmauerung mit künstlichen Steinen ein. 1872 kamen die von Holley in den Vereinigten Staaten erfundenen Losböden in England zur Anwendung. In diesem Jahre machte Snelus bereits den Vorschlag eines basischen Futters, aber ohne Erfolg.

Anstatt das Roheisen im Flammofen umzuschmelzen, führte man grofse Ireland-Kupolöfen hierfür ein. 1873 kamen die Siebböden in Anwendung und zwar zuerst zu Barrow. Die eingeführten Verbesserungen erhöhten die Leistung der Konverter. So erzielten z. B. Wilson und Cammell in 24 Stunden 270 Tonnen Stahlblöcke und 48 Chargen mit zwei Kupolöfen zum Umschmelzen des Roheisens. Die Steigerung der durchschnittlichen Leistung der Birnen, die zum Teil in einem gröfseren Fassungsraum begründet war, erhellt daraus, dafs 1873 103 Birnen 496000 Tonnen, 1879 104 Birnen 847863 Tonnen lieferten. Da von den 104 Birnen im Jahre 1879 nur 66 in Betrieb waren, so ergiebt sich eine Jahresleistung von 12847 Tonnen für eine Birne.

Im Jahre 1874 waren die bedeutendsten Bessemerstahlwerke in Grofsbritannien:

Name und Ort	Zahl der Konverter	Kapazität derselben in Tonnen
1. H. Bessemer & Co., Sheffield	2	3
	2	5
2. Bolckow, Vaughan & Co., Cleveland	4	6½
3. John Brown & Co., Sheffield	2	10
	2	7
	2	6
4. Charles Cammel & Co., Sheffield	4	4
„ „ „ „ Yorkshire	2	5
	2	7
5. Weardale Iron Co., Ferryhill	4	2½
6. The Glasgow Bessemer Steel Co. Atlas Works, Glasgow	2	3
7. Samuel Fox & Co., Deepcar	2	5
	2	3
8. Lloyds, Foster & Co., Wedresbury	4	3
9. Bolton Iron and Steel Works, Bolton	4	6
10. London and North Western R. W. E., Crewe	2	3
11. Lancashire Steel Works, Gorton	4	6
12. Mersey Steel and Iron Works, Liverpool	10	5
13. Manchester Steel Works, Manchester	4	3
14. Barrow Haematite Steel Co., Barrow	18	6
15. Dowlais Iron Co., Dowlais	6	5
16. Ebbw Vale Co., Ebbw Vale	7	6

Digitized by Google

Name und Ort	Zahl der Konverter	Kapazität derselben in Tonnen
17. Steel Ordnance Co., Greenwich	2	5
18. West Cumberland Steel Co., Workington	4	7
19. Phoenix Iron Co., Rotherham	2	$3^1/_2$
20. Camforth Haematite Iron Co.	2	?
21. Patent Shaft Co., Wednesbury	4	3

Die wichtigste Verwendung fand der Bessemerstahl für die Herstellung von Stahlschienen, deren Überlegenheit über die Schweifseisenschienen allgemein anerkannt war.

Als Beispiel einer zeitgemäfsen Einrichtung aus dieser Zeit (1873) führen wir das Bessemerschienen-Walzwerk in Dowlais an. Die aus der Pfanne gegossenen Stahlblöcke, von denen die schwereren 70 bis 75 Tonnen, die leichteren 32 bis 37 Tonnen wogen, wurden in Blockwalzen vorgewalzt, nachdem sie zuvor in einem Flammofen auf die richtige Temperatur vorgewärmt waren. Ein solcher Flammofen wurde mit fünf grofsen oder sieben kleinen Blöcken beschickt; eine Charge dauerte $2^1/_2$ Stunden. In 12 Stunden wurden vier Chargen gemacht. Der Kohlenverbrauch betrug an 400 kg pro Tonne. Ein Ofen erforderte nur einen Mann zur Bedienung, indem die Arbeiter der Nachbaröfen bei schweren Arbeiten sich untereinander aushalfen. Das Ausziehen der Blöcke geschah mechanisch mit einem Haspel wie bei den Schweifsöfen. Die Blöcke gelangten in das Reversier-Blockwalzwerk, das von einer liegenden 800 P.S.-Dampfmaschine mit Stephensonscher Coulisse betrieben wurde. Es waren zwei Walzengestelle vorhanden, eins für die grofsen, das andere für die kleinen Blöcke[1]). Die Walzstücke passierten jedes der sechs Kaliber zweimal unter Drehung um 90° und die grofsen Blöcke wurden von 363 mm Seitenlänge in 12 Durchgängen auf Stücke von 200 mm Quadrat und 2000 mm Länge vorgestreckt, die dann durch Rollengang unter die Zirkularsäge geführt und in zwei Hälften zur Weiterverarbeitung zerschnitten wurden. Die Zirkularsäge hatte ein Blatt von 2 m Durchmesser und eigene Antriebsmaschine. Die geschnittenen Knüppel erhielten eine zweite Hitze in einem Flammofen von den gleichen Dimensionen. Bei jeder Charge wurden sieben halbe Blöcke oder fünf ganze Blöcke eingesetzt. In der zwölfstündigen Schicht wurden vier Chargen gemacht.

Das Stahlschienenwalzwerk bestand aus einem Vierwalzensystem,

---

[1]) Über die Kalibrierungsverhältnisse u. s. w. siehe A. Petzholdt, Die Erzeugung von Eisen- und Stahlschienen, 1874.

Digitized by Google

einem einfachen Schienen- und einem Deckplattenwalzwerk und wurde durch eine 1000 pferdige Reversiermaschine angetrieben. Die Umsteuerung wurde durch eine Klauenkuppelung mit Hebel bewirkt. In dem Vierwalzensystem — einer Besonderheit von Dowlais — wurden die schweren, ungeteilten Blöcke zu Schienen von doppelter Länge (7,63 m), die dann unter einer Zirkularschere zerschnitten wurden, ausgewalzt. Das untere Walzenpaar enthielt fünf Flachkaliber, das obere in denselben Ständern gelagerte fünf Vollendkaliber. Auf 750 kg Rohblock rechnete man 641 kg fertige Schienen, also 15 Prozent Verlust.

Ähnlich war der Betrieb in den benachbarten Ebbw Vale-Eisenwerken, welche mit sieben Birnen zu 6 Tonnen Einsatz arbeiteten. Das Stahlwerk bezog sein Bessemerroheisen von Pontypool, während es das Spiegeleisen selbst bereitete. Das Roheisen wurde in Kupolöfen geschmolzen. Der Einsatz betrug 5500 kg, der Nachsatz von Spiegeleisen 10 Prozent. Je zwei Konverter hatten eine Giefsgrube. Man gofs mit aufsteigendem Strom in acht Gufsformen, die durch acht Kanäle verbunden waren, Blöcke von je 500 kg Gewicht. Eine Grube mit zwei Konvertern machte in 24 Stunden 12 Operationen. Die Wochenproduktion betrug 800 Tonnen Blöcke.

Eine wichtige Erfindung war die Herstellung dichter Blöcke von Whitworth durch hydraulisches Pressen des flüssigen Metalls in den Coquillen (1864), die er 1874 verbesserte (Engl. Pat. von 1865, Nr. 3018 und von 1874, Nr. 3062).

Das Eisen- und Stahlwerk zu Workington bei Whitehaven in West-Cumberland, mitten im Kohlenrevier gelegen, wurde 1876 sehr vergröfsert. Das Werk erzeugte in sechs Hochöfen aus den vortrefflichen einheimischen Hämatiterzen sein eigenes Bessemerroheisen, das in vier $7^1/_2$-Tonnen-Konvertern, die um zwei Giefsgruben gruppiert waren, verblasen wurde. Zu jeder Gruppe gehörten vier grofse Kupolöfen, um das Roheisen, und zwei kleine, um das Spiegeleisen zu schmelzen. Die Konverterböden hatten je sieben Formen mit 16 Öffnungen. Die Blöcke wurden unter einem 8-Tonnen-Hammer ausgeschmiedet.

1877 wurde das erste Bessemerstahlwerk im Clevelanddistrikt auf der Bolckow, Vaughan & Co. gehörigen Estonhütte unter der Leitung von Windsor E. Richards in Betrieb gesetzt. Da die Clevelanderze wegen ihres Phosphorgehaltes nicht verwendbar waren, verschmolz man Bilbaoerze (Campanil) und kieseligen Hämatit von Cumberland. Hier wurde zuerst in England das flüssige Roheisen vom Hochofen direkt in die Birne gebracht. Letztere zeichneten sich durch grofse Windzuführungsfläche aus. Man rechnete 3,15 Quadrat-

Digitized by Google

zoll auf jede Tonne Einsatz. Der Wind wurde durch 13 Düsenröhren von $^7/_{16}$ Zoll Durchmesser eingeblasen. Demnach betrug der Windverbrauch pro Tonne nicht halb so viel wie in Schweden. Man blies 14 bis 24 Chargen von 5 bis 8 Tonnen Roheiseneinsatz und 7 bis 15 Centner Spiegeleisen mit 13 bis 18 Prozent Mangangehalt. Eine Charge dauerte 25 bis 30 Minuten. Bei dem heifsen Gange gab man etwa 12 Prozent kalte oder bis zu 30 Prozent vorgewärmte Stahlabfälle zu. Ein Boden hielt 6 bis 12 Chargen aus. Das Eston-Stahlwerk war für eine Wochenproduktion von 2000 Tonnen nach amerikanischem Muster eingerichtet. — Man ersieht aus diesen Beispielen die rasche Vervollkommnung des Bessemerbetriebes in den fünf Jahren von 1873 bis 1878.

Die Abhängigkeit des Bessemerprozesses von reinen, namentlich phosphorfreien Erzsorten war eine lästige und kostspielige Beschränkung des Konverterprozesses. Die Frage der Entphosphorung wurde deshalb immer wichtiger und bildete in den siebziger Jahren mehr und mehr den Mittelpunkt der fortschrittlichen Bestrebungen in der Eisenindustrie Grofsbritanniens.

Die Versuche, die Entphosphorung in dem Konverter zu bewirken, blieben zunächst erfolglos. Von diesen war der von Snelus 1872 angestellte der wichtigste. Er wollte die Entphosphorung durch ein Konverterfutter aus gebranntem Kalk und Einblasen von Kalkstaub durch die Düsen erreichen. So richtig das Prinzip war, so gelang ihm doch die Ausführung nicht.

Noch weniger Erfolg hatte Knowles mit seinem Vorschlage, das Konverterfutter aus Bauxit, Eisen- und Manganoxyd herzustellen.

Man sah deshalb von diesem Wege ab und versuchte die Entphosphorung in Flammöfen, besonders in rotierenden Öfen, mit einer Auskleidung von Eisenoxyd.

Lowthian Bell kombinierte beide Verfahren (Engl. Pat. vom 30. Oktober 1875, Nr. 3778), indem er erst das Roheisen im Konverter vorfrischte und es dann in einem Flammofen puddelte. Hierfür konstruierte er später einen schwingenden Ofen, dessen Herd aus purple ore (dem durch die Röstung von Schwefelkiesen bei der Schwefelsäurefabrikation entstandenen Eisenoxyd) hergestellt war. In dem oscillierenden Ofen flofs das eingeschmolzene Metall über dieser basischen Unterlage 60- bis 80mal hin und her. Mit diesem Verfahren begann Bell im Jahre 1877. Das vom Hochofen abgestochene Roheisen gelangte in den oscillierenden Ofen und wurde dort noch mit geschmolzener, eisenoxydreicher Schlacke vermischt. Das ent-

Digitized by Google

phosphorte Produkt wurde dann in einer Giefspfanne abgestochen und in einem Ponsardofen mit Siemensfeuerung zu Stahl gefrischt.

Wil. Siemens erreichte bei seinem Erzverfahren und bei seinem direkten Prozefs eine ziemlich weitgehende Entphosphorung. Er versuchte dieselbe dadurch zu steigern, dafs er den Herd aus Bauxit herstellte.

Andere wollten die Entphosphorung in Prices Retortenofen durch Zusatz von Hämatiterzen erreichen.

E. Williams suchte die Entphosphorung durch Behandlung des flüssigen Roheisens mit flüssiger, basischer Eisenschlacke (Sinter) unter Zusatz von Sand zu bewirken. 1878 nahm Baker ein Patent, Roheisen durch Einblasen von Chlorgas und Kohlenstaub in dem Konverter zu entphosphorn; desgleichen Richard Brown, der durch Chromzusatz die nachteilige Wirkung des Phosphors neutralisieren wollte und auf diesem Wege guten Stahl mit $1\frac{1}{2}$ Prozent Phosphor darstellen zu können behauptete. Das bei dem Puddelprozefs angewendete Reinigungsverfahren durch Eisen- und Manganoxyd und Flufsspat von Henderson bezweckte auch hauptsächlich die Abscheidung des Phosphors und liefs sich auch im Siemens-Martinofen anwenden.

Alle diese Prozesse erfüllten aber die Erwartungen nicht und erwiesen sich als unökonomisch. Da trat auf dem Meeting des Iron and Steel Institute gelegentlich der Weltausstellung zu Paris im Jahre 1878 ein junger Mann, Gilchrist Thomas, auf mit der Behauptung. das Problem der Entphosphorung in einfacher Weise durch ein basisches Konverterfutter gelöst zu haben. Die Mitteilung des in Fachkreisen unbekannten jungen Mannes fand anfänglich nur wenig Beachtung. Aber einem schien sie doch wichtig genug, um sie sofort ernstlich und im grofsen Mafsstabe zu prüfen, dies war Windsor E. Richards, der Generaldirektor der gröfsten englischen Eisenfirma Bolkow, Vaughan & Co. zu Middlesborough. Er hatte kaum ein Jahr zuvor das erste grofse Bessemerwerk im Clevelandbezirk zu Eston in Betrieb gesetzt und wufste wie keiner die Bedeutung eines praktischen Entphosphorungsverfahrens für England und besonders für Cleveland zu würdigen. Deshalb lud er G. Thomas ein, sein Verfahren auf dem Estonwerk im grofsen auszuprobieren. Der Erfolg war ein durchschlagender, und am 4. April 1878 konnten Gilchrist Thomas und W. Richards den Mitgliedern des Eisen- und Stahl-Instituts die Ausführung des im vorhergehenden Jahr vielfach angezweifelten basischen Konverterprozesses zu deren Überraschung und Bewunderung vorführen. Wie diese Erfolge und weiteren Verbesserungen des Verfahrens von Thomas und seinem Vetter Gilchrist

Digitized by Google

erreicht worden sind, ist im allgemeinen Teile ausführlich dargestellt. Trotz des glänzenden Erfolges, trotzdem der richtige Weg der Lösung des Problems gezeigt war, trotzdem die Entphosphorung für England ein dringendes Bedürfnis war, indem fünf Sechstel seiner Eisenerze ihres Phosphorgehaltes wegen für den sauren Bessemerprozefs unbrauchbar waren und der Entphosphorung bedurften, fand dieses neue Verfahren nur langsame Verbreitung in England. Im Jahre 1879 führte nur noch eine Firma, Brown, Bayley & Dixon in Sheffield, den basischen Konverterprozefs auf ihrem Stahlwerk ein. Die Gesamterzeugung von Thomasstahl in Grofsbritannien in diesem Jahre betrug nur 1150 Tonnen.

Bevor wir die Entwickelung der basischen Stahlgewinnung in Grofsbritannien weiter verfolgen, müssen wir die sonstigen Neuerungen und Verbesserungen, die in England in den siebziger Jahren zur Einführung kamen, vorführen.

Die Tiegel-Gufsstahlfabrikation hatte durch die Einführung der von Siemens konstruierten Schmelzöfen mit Regenerativfeuerung einen Aufschwung erfahren. — Zu erwähnen ist ferner die Darstellung von Specialstahlsorten sowohl in Tiegel- als in Flammöfen. Titan-Wolframstahl nach Mushets Patent stellte die Titanic Forest Steel Company in Glocestershire 1871 dar. 1876 führten J. Brown & Co. in Sheffield die Chromstahlfabrikation nach dem Patent von Baur in Brooklyn ein, während 1878 Seebohm & Dickstahl in Sheffield Chromstahl nach eigenem Verfahren darstellten. Um diese Zeit führte James Riley das Verfahren von Pourcel in Terre-Noire zur Herstellung dichter Güsse in England ein.

Von grofser Wichtigkeit waren die Fortschritte auf mechanischem Gebiete. Hierzu gehören auch Verbesserungen des Giefsverfahrens, wie die Herstellung von Compound-Panzerplatten durch Aufgiefsen von Flufsstahl auf erwärmte Flufseisenplatten. Diese Fabrikation kam Mitte der siebziger Jahre in Sheffield in Aufnahme und zwar in dem Stahlwerk von Cammell & Co. nach dem Verfahren von A. Wilson und bei J. Brown & Co. nach J. H. Ellis' Erfindung. Der Inflexible war das erste Kriegsschiff, das mit solchen Platten ausgerüstet wurde.

Tresidder gab ein Härtungsverfahren für Stahlpanzerplatten mit Wasserbrause an. Eine wichtige Erfindung zur Herstellung dichter Stahlgüsse war Sir Jos. Whitworths Giefsen unter starkem Druck, wofür er eine hydraulische Presse konstruiert hatte.

Die Verarbeitung des Flufseisens führte zu zahlreichen Ver-

besserungen der Walzwerke und des Walzwerksbetriebes. Bei den grofsen Schweifseisenpaketen, z. B. für die Schienenfabrikation, war es nötig, dieselben erst unter Dampfhämmern zu bearbeiten, um sie richtig zu schweifsen. Bei den Flufsstahlblöcken war dies nicht erforderlich. Anfangs verfuhr man allerdings hierbei wie bei dem Schweifseisen und legte auf das Ausschmieden der Stahlblöcke besonderen Wert. Bald aber erkannte man, dafs das Vorstrecken der Blöcke ebenso gut unter Walzen geschehen und man der teuren Dampfhämmer entraten könne. So ging man bei der Fabrikation der Bessemerstahlschienen in Dowlais zuerst dazu über, die Blöcke in starken Blockwalzwerken (cogging mills) vorzustrecken oder „vorzublocken". Welche Ersparnis dadurch herbeigeführt wurde, erhellt daraus, dafs, als 1874 dieses Verfahren von John Brown in Sheffield eingeführt wurde, 200 Hammerarbeiter beschäftigungslos wurden. Von weiteren Verbesserungen bei den Walzwerken in Grofsbritannien erwähnen wir die Friktionskuppelungen für die Reversierwalzwerke an Stelle der früheren Klauenkuppelungen; eine von Kitson und Chalas 1869 erfundene wurde auf dem Monkbridge-Eisenwerk bei Leeds eingeführt und später von B. Walker verbessert. 1871 erhielt Graham Stevenson ein Patent auf die von ihm erfundene Differential-Friktionskuppelung, die zu Monkland und Blochairn in Schottland zur Einführung kam. Das von White angegebene Walzwerk, das auf dem Princip der mit der Querschnittsverminderung zunehmender Geschwindigkeit hintereinander liegender Walzenpaare beruhte, kam 1871 zu Aberdare in Betrieb. 1892 wurden damit 90 bis 100 Tonnen in 12 Stunden gewalzt.

Für schwere Arbeit zog man in England im allgemeinen Reversierwalzwerke den in den Vereinigten Staaten beliebten Triowalzwerken vor. Ramsbottom in Crewe konstruierte ein Reversierwalzwerk für schwere Bleche, dessen Walzen 2125 mm lang und 625 mm dick waren. Die Hydraulik kam auch bei den Arbeitswerkzeugen immer mehr in Anwendung, wie bei Siemens' Luppenpresse (1874), bei den Prefshämmern, bei A. R. Browns Walzwerk für Kesselbleche (Engl. Pat. vom 1. Mai 1875, Nr. 1607), bei Twedells hydraulischer Schere 1878 u. s. w.

Bei der Schienenfabrikation verdrängte der Flufsstahl das Puddeleisen in dieser Periode gänzlich. Über den Umfang der Schienenfabrikation wie über den Eisenhandel Grofsbritanniens werden die statistischen Tafeln am Schlusse des Kapitels die näheren Erläuterungen geben. Wir wollen hier nur erwähnen, dafs die Gesamt-

Digitized by Google

ausfuhr von Roheisen, Eisen und Stahl ziemlich den gleichen Schritt einhielt wie die Roheisenerzeugung. Dagegen zeigte die Roheisenausfuhr gröfsere Schwankungen, wie sich aus nachfolgender Zusammenstellung ergiebt.

Im Jahre	Roheisen-		Hiervon aus Schottland	Preis schottischer Warrants pro Tonne
	Erzeugung kt	Ausfuhr kt	kt	
1871	6694	1061	540	59 sh. 0 d.
1872	6812	1331	690	101 „ 10 „
1873	6635	1142	483	117 „ 3 „
1874	6054	774	314	87 „ 6 „
1875	6442	947	403	65 „ 9 „
1876	6624	910	322	58 „ 6 „
1877	6677	881	295	54 „ 4 „
1878	6366	923	250	48 „ 5 „
1879	6072	1228	403	47 „ 0 „

Der Grund für diese gröfseren Schwankungen der Ausfuhrmengen und der Preise lag zum Teil darin, dafs der Roheisenhandel besonders durch das zuerst in Schottland zur Ausbildung gekommene Warrantsystem Spekulationsgeschäft geworden war. Die **Warrants** waren Lagerscheine, die von Grofshändlern für bei ihnen eingelagertes, aber noch nicht verkauftes Roheisen ausgestellt wurden. **Connal & Co.** in Glasgow war die Firma, welche dieses Geschäft für Schottland nach und nach allein in die Hände bekommen hatte. Die Warrants wurden ausgestellt auf hinterlegte Roheisenmengen von 500 Tonnen, wovon drei Fünftel Nr. I und zwei Fünftel Nr. III sein mufsten. Für die Einlagerung zahlten die Produzenten 1 Penny pro Tonne und Monat, oder £ 25 für 500 Tonnen im Jahr. Das hinterlegte Eisen konnte jederzeit gegen Rückgabe des Lagerscheines bezogen werden.

Auf diese Lagerscheine gewährten Banken und Private Vorschüsse bis zu 5 bis 6 Schilling unter dem Verkaufspreis und unter Abzug von einem Monat Zinsen. Lagerscheine waren übertragbar und zwar wurden sie in blanco giriert, so dafs es Inhaberpapiere waren. Hierdurch wurden es bequeme und gesuchte Spekulationspapiere, was aber zur Folge hatte, dafs die Preise des Roheisens durch den Preis der Warrants, d. h. durch die Spekulation und die Börse bestimmt oder wenigstens sehr beeinflufst wurden. Für die Hüttenbesitzer war dieses System eine grofse Hülfe, deshalb führte es sich, als die Roheisenerzeugung des Clevelandbezirkes einen gröfseren

Digitized by Google

Umfang annahm, auch in diesem ein. Die Einlagerung geschah in Middlesborough, es wurde nur Giefsereiroheisen Nr. III hinterlegt.

Die gesamte Ausfuhr und Einfuhr Grofsbritanniens von Eisen und Eisenfabrikaten stellte sich im Jahre 1871 folgendermafsen:

Ausfuhr 1871 in Tonnen.

Roheisen	1 057 458
Stab-, Winkel- und anderes Schmiedeeisen	349 084
Eisenbahnschienen etc.	981 197
Draht (aufser für Telegraphen)	26 200
Weifsblech	119 605
Reifen, Eisenbleche, Kesselbleche	200 337
Gufs- und Schmiedeeisen, verarbeitet	243 298
Altes Eisen zur Umarbeitung	139 812
Unverarbeiteter Stahl	39 189
Stahl und Eisen in Verbindung miteinander	13 038
Summa	3 169 218
im Wert v. £	26 124 344

Einfuhr 1871 in Tonnen.

Eisen in Barren, unverarbeitet	74 538
Stahl, unverarbeitet	22 301
Verarbeitete Eisen- und Stahlwaren	7 569
Summa	104 408
im Wert v. £	1 473 254

Rechnet man die Eisen- und Stahlwaren durch Zuschlag von $33^1/_3$ Prozent auf Roheisen um, so ergiebt sich die gesamte Ausfuhr in Form von Roheisen zu 3873 Kilotonnen oder fast 58 Prozent der Erzeugung. Im Jahre 1879 wurden von 6072 Kilotonnen 2880 Kilotonnen = $47^1/_2$ Prozent exportiert. In diesem Jahre waren die Eisenpreise sehr gedrückt. Warrants sanken zeitweilig bis auf 40 Schilling die Tonne. Middlesborough-Roheisen kostete 1879 im Jahresdurchschnitt nur 39 Schilling gegen 109 im Jahre 1873. Die Eisenwerke sahen sich daher zu Lohnherabsetzungen gezwungen, was wieder zahlreiche Arbeiterausstände (Strikes) zur Folge hatte. Erst mit dem Jahre 1880 trat eine Besserung ein, die eine rasche Produktionssteigerung besonders in den Jahren 1881, 1882 und 1883 zur Folge hatte. Dann fand wieder ein Rückgang statt bis 1886, von da ein neuer Aufschwung bis 1889, doch blieb die Roheisenerzeugung dieses Jahres hinter der von 1882 und 1883 zurück.

Charakterisiert ist dieser Zeitraum durch den Sieg des Flufs-

Digitized by Google

eisens über das Schweifseisen, der sich im Jahre 1885 vollzog, und durch die Ausbreitung und Entwickelung der basischen Flufseisen-Gewinnungsprozesse.

Die erfolgreiche Einführung des basischen Konverter- oder Thomasprozesses war ein Ereignis von so grofser Tragweite, dafs es angezeigt erscheint, dasselbe in erster Linie zu betrachten.

Die günstigen Resultate der ersten Versuche, welche Windsor Richards mit der Erfindung von Gilchrist Thomas auf den Eston-Eisenwerken erzielt hatte, veranlafsten die dauernde Einführung des basischen Konverterprozesses daselbst. Trotz dieses Vorgehens trat in den darauffolgenden Jahren die merkwürdige Erscheinung ein, dafs diese wichtige englische Erfindung in England selbst langsamere Verbreitung fand als im Auslande, insbesondere in Deutschland. Der Widerstand, der sich der Ausbreitung des Verfahrens entgegensetzte, war teils ein passiver, in dem konservativen Sinne der Engländer begründeter, teils ein aktiver, seitens der Bessemer- und der Puddelwerke, die diese neuentstandene Konkurrenz bekämpften. Die Bessemerstahlfabrikation, die sich in dem letzten Jahrzehnt so glänzend entwickelt hatte, schien durch den billigen Bezug der überseeischen, besonders der spanischen Erze so festbegründet und lieferte ein so anerkannt gutes Erzeugnis, dafs ein Abgehen von der erprobten Betriebsweise nicht geboten erschien. Man suchte deshalb das neue Verfahren herabzusetzen und zu verdächtigen, indem man die Qualität des Thomasstahles bemängelte und die Höhe der Herstellungskosten übertrieb. Die Wirkung dieser Angriffe blieb dann auch zum Schaden der Entwickelung der englischen Industrie nicht aus.

Die meisten Eisenerze Grofsbritanniens sind phosphorhaltig, so die von Yorkshire, Northhampton-, Lincoln-, Stafford-, Oxford- und Shropshire, von Süd- und Nord-Wales und von Schottland. Die Clevelanderze enthalten nach J. E. Steads Analysen 0,89 bis 1,44 Prozent Phosphor. Aufserdem lagerten in England ungeheure Mengen von phosphorhaltigen Puddel- und Schweifsofenschlacken, die durch das neue Verfahren verwertbar wurden. Auch sprachen sich aufser Thomas und Gilchrist viele hervorragende englische Metallurgen wie Richards, Snelus, Riley und andere entschieden zu Gunsten des neuen Prozesses aus; trotzdem machte der Thomasprozefs in den ersten Jahren nur langsame Fortschritte, viel langsamere als in Deutschland, wie nachfolgende Zahlen beweisen.

Digitized by Google

Thomasstahlerzeugung in Tonnen 1879 bis 1885.

	In Grofsbritannien	In Deutschland
1879	1 150	1 782
1880	10 000	18 180
1881	46 120	200 000
1882	109 364	235 132
1883	122 300	328 909
1884	179 000	440 000
1885	145 707	548 212

Sidney Gilchrist Thomas und sein Vetter Percy C. Gilchrist liefsen es nicht an Anstrengungen fehlen, ihrem Verfahren Anerkennung und Verbreitung zu verschaffen. 1881 unternahm ersterer zu diesem Zwecke eine Reise nach den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Nach seiner Rückkehr gründete sein Vetter Percy C. Gilchrist mit T. Wrightson und noch zwei Unternehmern die „North Eastern Steel Co. Limited" zur Ausbeutung des Verfahrens. Das Stahlwerk blies am 31. Mai 1883 unter Leitung Arthur Coopers die erste Charge. 1882 legten Thomas und Gilchrist der Royal Society in London eine ausführliche Denkschrift über ihre Stahlerzeugung aus phosphorhaltigem Roheisen vor, in der sie die Wichtigkeit desselben für England hervorhoben und die Einwendungen gegen dasselbe entkräftigten. Sie wiesen darauf hin, dafs die Menge der phosphorhaltigen Erze in Grofsbritannien wenigstens zehnmal häufiger sei als das der nichtphosphorhaltigen, dafs das Roheisen von Cleveland 1,5 Prozent, Schottland 1 Prozent, Lincolnshire 1,25 Prozent, von Staffordshire aus Erzen erblasen 0,5 bis 1 Prozent, mit Zusatz von Puddelschlacken erblasen 2,5 Prozent, das von Northhampton 1,5 Prozent Phosphor enthalte, ferner dafs die Mehrkosten des Verfahrens, bedingt durch das kostspieligere basische Futter und das Nachblasen, höchstens 7 Schilling pro Tonne betrügen, und dies viel weniger sei als der Preisunterschied der phosphorhaltigen Roheisensorten und des Hämatiteisens für den sauren Bessemerprozefs. Cleveland-Puddeleisen koste 42 Schilling die Tonne, Hämatiteisen 58 Schilling; bei diesen Preisen stelle sich der basische Stahl also um 9 Schilling billiger als der Hämatitstahl. Ebenso wiesen die Verfasser nach, dafs bei guter Einrichtung des Stahlwerks die Herstellungskosten von basischem Ingoteisen billiger seien als von gewöhnlichen Luppen. Erstere kosteten nach ihrer Aufstellung 69 Schilling 7 Pence, letztere 74 Schilling 11 Pence die Tonne. Zuletzt wiesen sie auf die grofsen Vorzüge des

Flufsstahls gegenüber dem Eisen hin. Ersterer sei beim Schiffsbau über ein Drittel mehr wert als Schweifseisen.

Diese Denkschrift und die rührige Agitation der Erfinder blieben nicht ohne Wirkung. Die Erimushütte warf ihre Danksöfen ab und führte statt deren den basischen Konverterbetrieb ein. In Staffordshire wurden unter Gilchrists Leitung mit gutem Erfolg Schlackenroheisen mit 3 Prozent Phosphorgehalt im Konverter in guten weichen Stahl verwandelt. Obgleich die Erzeugung von Thomasstahl fortwährend zunahm, blieb sie doch weit hinter der nach Bessemers Verfahren mit saurem Futter zurück, wie dies nachfolgende Tabelle zeigt.

Jahr	Konverterstahlerzeugung nach dem Verfahren von		Summa
	Bessemer (sauer)	Thomas (basisch)	
1878	800 427	20	800 447
1879	846 713	1 150	847 863
1880	1 051 092	10 000	1 061 092
1881	1 418 666	46 120	1 464 786
1882	1 591 063	109 364	1 700 427
1883	1 455 874	122 380	1 878 254
1884	1 141 047	179 000	1 320 047
1885	1 071 246	145 707	1 216 953
1886	1 337 181	258 466	1 595 647
1887	1 662 387	435 046	2 097 433
1888	1 604 200	408 594	2 012 794
1889	1 646 872	493 919	2 140 791
1890	1 511 243	503 400	2 014 843
1891	1 232 016	436 261	1 668 277
1892	1 117 984	406 839	1 524 823
1893	1 153 404	363 765	1 517 169

Sidney Gilcbrist Thomas, der durch seine Erfindung ein Wohlthäter des Menschengeschlechts geworden ist, durfte sich leider nicht lange des Erfolges seiner Arbeit erfreuen. Seine zarte Gesundheit unterlag den geistigen Aufregungen und körperlichen Anstrengungen. Schon 1882 erkannten die Ärzte ein schweres Lungenleiden, das auch durch längeren Aufenthalt in Australien, Ostindien und Algier nicht gebessert wurde und dem der durch reiche Gaben des Verstandes und des Gemütes ausgezeichnete Mann in dem jugendlichen Alter von noch nicht 35 Jahren am 1. Februar 1885 zu Paris erlag. Ein glänzender, zu rasch erloschener Stern!

Betrachten wir die allgemeine Entwickelung der Eisenindustrie

Digitized by Google

Englands in den achtziger Jahren, so bietet die Entwickelung der Hochofenindustrie nicht viel Bemerkenswertes dar. Wohl strebte man nach Materialersparnis, nach Vermehrung der Produktion, nach Verbesserung der Qualität. Nach diesen drei Richtungen hin wurden auch Erfolge erreicht, aber keine hervorragenden. Ein grofser Aufschwung in der Gesamtproduktion fand nicht statt. Bei der Roheisenerzeugung und dem Hochofenbetriebe machte sich allzu sehr ein konservatives Bestreben geltend. Die von Sir Lowthian Bell wiederholt aufgestellten Grundsätze, man solle, im Gegensatz zu den Bestrebungen der Amerikaner, die Öfen nicht zu grofs bauen und, um sie zu erhalten, nicht zu stark blasen, auch den Wind nicht zu hoch erhitzen, indem eine über 500° C. getriebene Erhitzung keinen Vorteil mehr bringe, wurden von den meisten als richtig angenommen oder waren vielmehr der Ausdruck der Anschauungen der Majorität der englischen Eisenhüttenleute, die eine Scheu vor kostspieligen Neuerungen hatten.

Dafs aber der Hochofenbetrieb Grofsbritanniens in diesem Jahrzehnt trotzdem Fortschritte machte, ergiebt sich aus folgenden Zahlen. Der Kohlenverbrauch für 1 Tonne Eisen betrug 1880 2,19 Tonnen, 1890 2,00 Tonnen. Die durchschnittliche Tagesleistung eines Hochofens betrug 1880 46,33 Tonnen, 1890 64,62 Tonnen. Es wurden nämlich 1880 mit 567 Hochöfen 7873 Kilotonnen, 1890 mit 414 Hochöfen 8031 Kilotonnen Roheisen erblasen.

Die Produktionsbewegung der verschiedenen Bezirke zeigt nichts Besonderes, nur erfuhr die Roheisenerzeugung von Lincolnshire und Cumberland seit 1880 eine beträchtliche Zunahme. Von Wichtigkeit war die Verbesserung der Winderhitzer. Die Vorzüge der steinernen Winderhitzer wurden von den meisten Hüttenbesitzern anerkannt, während allerdings einige, wie Gjers und Bell, auch 1883 noch sich prinzipiell für die eisernen Winderhitzer aussprachen und auf ihren Werken Ayrsome (Gjers, Mills & Co.) und Clarence Works (Bell Brothers) in Cleveland daran festhielten. Bei den steinernen Winderhitzern hatte schon Ende der siebziger Jahre ein Verdrängen der Konstruktion von Whitwell durch die von Cowper begonnen, weil letztere für die gleiche Leistung billiger waren und weniger Raum beanspruchten. Whitwell suchte durch Vergröfserung seiner Apparate hiergegen anzukämpfen. So wurden 1883 auf der Thornaly-Hütte bei Süd-Stockton Whitwellapparate von 20,70 m Höhe, 6,70 m Durchmesser und 2600 qm Heizfläche in Betrieb genommen. Man erreichte damit eine Windtemperatur von durchschnittlich 700° C.

Digitized by Google

Auch andere Konstruktionen fanden Eingang, so versah die Glengarnock Eisen- und Stahlgesellschaft in Schottland ihre neue Hütte von neun Hochöfen mit Massicks-Winderhitzern.

1881 waren von 968 Hochöfen 552 in Betrieb, sechs davon schmolzen noch mit Holzkohlen. Diese gehörten alle einer Firma und erzeugten etwa 3000 Tonnen.

1882 wurden die wichtigen Erfolge, welche Alexander und Mc Cosh von der Firma Baird & Co. zu Gartsherrie in Schottland durch die Gewinnung von Teer und Ammoniak aus den Gichtgasen der mit roher Steinkohle betriebenen Hochöfen erzielt hatten, öffentlich bekannt. William Baird & Co. machten kostspielige Einrichtungen zur Ausnutzung dieser Erfindung. Bei den Hochöfen von Muikirk wurde dieses Verfahren ebenfalls eingeführt. Die Gichtgase wurden durch grofse Rootsgebläse in die von Mc Cosh und Angus konstruierten Kondensatoren getrieben; das Ammoniak wurde aus dem Sulfat gewonnen. Auch bei der Koksfabrikation begann man auf die Gewinnung der Nebenprodukte gröfseren Wert zu legen und führte auf mehreren Werken Carvés-Öfen ein. Jameson erfand eine eigene Koksofenkonstruktion für diesen Zweck. Die Einführung des Thomasprozefses führte zur ausgedehnten Verschmelzung der angesammelten Frischschlacken; namentlich in Staffordshire wurde aus diesen ein sogenanntes Schlackeneisen mit 3 Prozent Phosphorgehalt erblasen.

In Cleveland stellte sich der Koksverbrauch beim Hochofenbetriebe im Jahre 1882 bereits sehr günstig. Nach Cochranes Angabe hatten seine Öfen einen Koksverbrauch nur von $\frac{1072}{1000}$, während Bolckow, Vaughan & Co. in ihren Hochöfen $\frac{1168}{1000}$ verschmolzen.

Der Bessemerprozefs verlangte grofse Mengen von Spiegeleisen, die damals meist noch eingeführt wurden, so 1881 etwa 100000 Tonnen. Man bemühte sich eifrig, das Spiegeleisen aus importierten Erzen im eigenen Lande zu erblasen. 1883 wurden auch bereits 179500 Tonnen Spiegeleisen und Ferromangan in britischen Hochöfen erblasen, hiervon entfielen 71200 Tonnen auf Süd-Wales.

Der Verwertung der Hochofenschlacken wendete man ebenfalls gröfsere Aufmerksamkeit zu, und es machten 1883 die Tees Eisenwerke gute Schlackensandsteine, während die Aklamhütte gegossene und getemperte Schlackensteine lieferte.

Je gröfser die Leistungsfähigkeit der Hochöfen wurde, desto mehr

Digitized by Google

nahm ihre Zahl ab; von Jahr zu Jahr wurden alte Öfen auflässig, so z. B. in Schottland von 1884 auf 1885 fünfzehn. Schottland behauptete indes immer noch seinen alten Ruf für vorzügliches Giefsereieisen. Die meisten Hütten hatten ein gemeinschaftliches Qualitätszeichen G. M. B. = Good Merchantable Brands. Solches lieferten die Werke: Gartsherrie, Summerlee, Longloan, Monkland, Clyde, Calder, Govan, Coltnefs, Shotts, Glengarnock und Carnbroe, und die grofsen Lager von Connal & Co. gegen Lagerscheine (Warrants).

Gegen Ende der achtziger Jahre trat noch mehr das Bestreben hervor, Manganroheisen im Inland zu erblasen, so führte Gautier die Erzeugung von Ferromangan im Hochofen auf den Hütten zu Pyle und Blaina ein. Gjers, Mills & Co. machten zu Ayrsome Ferrosilicium. Farnley bei Leeds erzeugte ein besonderes gutes Giefsereieisen „Farnley Best Yorkshire“, das für den Gufs von Dampfcylindern sehr gesucht war. 1889 kam Wrightsons hydraulische Aufgabevorrichtung zur Einführung.

Für den Eisengufs waren 1886 Turners Untersuchungen über den Einflufs des Siliciums, die zuerst von Wood in Middlesborough im grofsen benutzt wurden, von Wichtigkeit. J. Keep machte 1888 seine Versuche über die Wirkung des Aluminiums auf das Gufseisen. Die englischen Verbesserungen an Kupolöfen und Formmaschinen in dieser Zeit sind im Hauptteile aufgeführt.

Die Verwendung des Schweifseisens wurde mehr und mehr eingeschränkt durch die des Flufseisens, infolgedessen hatte die Schweifseisenindustrie einen schweren Verteidigungskampf zu bestehen. Ungeheure Kapitalien waren in ihr angelegt, und um diese zu erhalten, wurden die gröfsten Anstrengungen gemacht. Am heftigsten entbrannte der Kampf Anfang der achtziger Jahre, veranlafst durch den Thomasprozefs, der als neuer gefahrdrohender Feind der Schweifseisenindustrie aufgetaucht war. Den ungeheuren Anstrengungen der Puddel- und Walzwerke gelang es, die Ausbreitung des Thomasprozesses zu verzögern und ihren Absatz so zu steigern, dafs in dem Jahre 1882 die höchste Erzeugung von Schweifseisen in Grofsbritannien mit 2887 Kilotonnen erreicht wurde. Von da ab trat aber ein Rückgang ein, und da gleichzeitig die Flufsstahlerzeugung zunahm, so kam 1884/85 der Zeitpunkt, in dem die Erzeugung des Flufseisens die des Schweifseisens überflügelte, wie aus der graphischen Darstellung, Fig. 341 (S. 913), zu ersehen ist.

Besondere Fortschritte in der Fabrikation sind nicht zu erwähnen. Auch die rotierenden Öfen und der mechanische Betrieb hatten die

Digitized by Google

Konkurrenzfähigkeit der Schweifseisenfabrikation nicht zum Siege führen können, und als in der Mitte der achtziger Jahre die Kleinbessemerei auftauchte, wandte sich die Hoffnung vieler Walzwerksbesitzer diesem neuen Betriebe zu. Nur in einer Beziehung läfst sich ein Fortschritt in dem Schweifseisenbetriebe konstatieren, die Leistungsfähigkeit der Puddelöfen hatte sich durch Verbesserung der Feuerungen, besonders auch durch Einführung des Gasbetriebes, beträchtlich gesteigert, wie nachfolgende Zahlen beweisen:

Jahr	Zahl der Puddelöfen	Erzeugung Tonnen	Erzeugung eines Ofens im Jahre Tonnen
1871	6841	etwa 2 600 000	380
1881	5541	„ 2 724 048	491
1889	3346	„ 2 289 816	684

Die meisten Puddelöfen hatte Süd-Staffordshire, ihre Zahl betrug 1885 1283.

Die Schweifseisenfabrikation wurde überflügelt von der Flufseisenfabrikation, wie nachstehende Tabelle der Erzeugung von 1881 bis 1890 zeigt:

Jahr	Schweifseisen	Flufseisen
1881	2 724 048	1 808 729
1882	2 886 998	2 245 666
1883	2 774 192	2 041 624
1884	2 276 383	1 891 985
1885	1 941 703	2 020 450
1886	1 642 568	2 403 214
1887	1 728 533	3 196 778
1888	2 063 976	3 374 670
1889	2 289 816	3 605 346
1890	1 953 992	3 637 381

Während also das Verhältnis von Schweifseisen zu Flufseisen im Jahre 1881 noch 60 : 40 Prozent war, betrug es 1890 nur 35 : 65 Prozent.

An der Flufseisenerzeugung hatte der Konverterprozefs den gröfsten Anteil; dieselbe betrug 1881 1 464 786 Tonnen und 1890 2 014 843 Tonnen. Hieran hatte den Löwenanteil wieder der eigentliche Bessemerprozefs mit saurem Futter; dieser lieferte 1881 1 418 286 Tonnen, 1890 1 511 443 Tonnen.

Digitized by Google

Durch bessere Betriebseinrichtungen erhöhte sich die Leistungsfähigkeit der Konverter. 1880 gab es 28 Bessemerstahlwerke mit 114 Konverter, die 1 061 092 Tonnen Flufsstahl erzeugten, ein Konverter im Durchschnitt also 9308 Tonnen. 1885 betrug die durchschnittliche Leistung eines Konverters bereits 17 582 Tonnen, was freilich unter der Durchschnittsleistung der nordamerikanischen Konverter von 56 500 Tonnen bedeutend zurückblieb. 1887 zählte man 126 Konverter (sauer und basisch), von denen aber nur 87 in Betrieb waren; diese erbliesen 2 097 433 Tonnen Flufsstahl, also 24 108 Tonnen pro Konverter. 1889 betrug die Zahl der vorhandenen Bessemerkonverter 91, die der betriebenen $60^3/_5$, diese erzeugten 16 468 720 Tonnen Flufsstahl, also 27 177 Tonnen pro Konverter; in demselben Jahre erbliesen aufserdem $22^1/_2$ Thomaskonverter 493 919 Tonnen, demnach 21 951 Tonnen pro Konverter im Durchschnitt.

Von wichtigeren Fortschritten und Erfindungen, die in Grofsbritannien gemacht wurden, ist zunächst im Jahre 1880 Allens Rührer, um das nachgesetzte Spiegeleisen oder Ferromangan rascher zur Wirkung zu bringen, zu nennen, den Sir Henry Bessemer auf seinem Werke in Sheffield zur Einführung brachte. Eine Erfindung von gröfserer Bedeutung, die 1881 gemacht wurde, waren John Gjers Durchweichungs- oder Ausgleichsgruben (soaking pits), die er zuerst zu Anfang dieses Jahres in Darlington einführte. Eine Neuerung, die bedeutendes Aufsehen erregte, war die Kleinbessemerei von Clapp und Griffith zu Nantyglo in Süd-Wales, die im Jahre 1889 zu Ebbw-Vale in Süd-Wales, von Nettlefolds in Birmingham, von Hatton Sons & Co. in Bilston, von B. Conway & Co. in Nowort und anderwärts eingeführt wurde. Allerdings war das Prinzip schon 1882 zu Avesta in Schweden zur Anwendung gekommen, aber die kleinen Clapp-Griffith-Konverter fanden besonderen Anklang und rasche Verbreitung. Die fortschreitende Entwickelung der Bessemerstahlfabrikation führte im Jahre 1880 zur Vergröfserung der Stahlwerke von Atwood zu Wolsingham und der Weardale Eisengesellschaft zu Tudhoe. In Süd-Wales fand eine Verschiebung des Betriebes von dem alten Stammsitz bei Merthyr-Tydwill nach der Seeküste statt. 1887 kam das neue Bessemerwerk bei Cardiff in Betrieb. In diesem Jahre erreichte die Bessemerstahlerzeugung von Süd-Wales die Höhe von 547 394 Tonnen, was einer Leistung von 26 061 Tonnen pro Konverter entsprach. Diese Leistung wurde in demselben Jahre erheblich übertroffen von den Bessemerwerken Cumberlands, bei denen die Durchschnittsleistung eines Konverters sich auf 35 489 Tonnen bezifferte.

Digitized by Google

Die Erfindung des basischen Konverterprozesses von Thomas beeinträchtigte die weitere Ausbreitung des älteren Verfahrens mit saurem Futter. Die Zusammenstellung auf Seite 933 zeigt die Erzeugungsmengen beider Prozesse.

Während das Verhältnis von Bessemer- zu Thomas-Flufseisen im Jahre 1881 96,8 : 3,2 war, betrug es 1890 74 : 26 Prozent. Der Thomasprozefs war durch den billigeren Preis des phosphorhaltigen Roheisens gegenüber dem Bessemer-Roheisen vorteilhafter, wie dies Snelus schon 1886 durch folgende Rechnung nachgewiesen hatte. Es kostete damals die Herstellung von einer Tonne:

	Bessemerstahl
an Hämatitroheisen von Workington	44,40 Mk.
an Umwandlungskosten	18.78 „
	63,18 Mk.
	Thomasstahl
an Clevelandroheisen	29,25 Mk.
an Umwandlungskosten	28,— „
	57,25 Mk.

Der Thomasprozefs als Grofsbetrieb entwickelte sich zuerst auf den Estonwerken unter Windsor Richards' Leitung seit 1878. 1881 wurden daselbst in zwei grofsen Birnen bereits wöchentlich 2200 Tonnen Flufseisen dargestellt. Man hatte die Wichtigkeit einer genauen chemischen Kontrolle eingesehen und zu diesem Zwecke ein chemisches Laboratorium zur Untersuchung von Proben eingerichtet. Trotz den Erfolgen zu Eston fand der Thomasprozefs, wie erwähnt, nur langsam Verbreitung. Aufser dem Bessemerprozefs stand ihm auch das Siemens-Martin-Verfahren, das durch die energische, geniale Initiative von William C. Siemens immer gröfsere Anerkennung und Verbreitung fand, im Wege. 1881 versuchte John Gjers die Reduktion und Rückkohlung nach dem Nachblasen in einfacherer und billigerer Weise als durch Zusatz von Spiegeleisen und Ferromangan, durch Einblasen von Kohlenoxydgas zu bewirken.

1882 stellten die Estonwerke basisches Flufseisen bereits ebenso billig her wie Schweifseisen; 1883 zählte das Werk 19 Hochöfen, zwei Giefsgruben von je drei Konverter zu 8 und 10 Tonnen für basischen und zwei Konverter zu 8 Tonnen für sauren Betrieb. In dieses Jahr fallen die chemischen Arbeiten Steads über den Thomasprozefs.

1884 wurden in Schottland, dessen phosphorhaltiges Roheisen für das saure Verfahren sich nicht geeignet hatte, zwei grofse Thomas-Stahlwerke angelegt, das eine zu Glengarnock bei Glasgow von Merry u. Cunningham mit neun Hochöfen und vier 10-Tonnen-

Digitized by Google

Konvertern für eine Produktion von 10000 Tonnen Flufsstahl, das andere zu Wischaw von der Glasgow-Eisengesellschaft mit drei 7-Tonnen-Konvertern. Gilchrist, Teilhaber der North-Eastern Steel Co. zu Middlesborough hatte 1885 auf der Erfindungsausstellung zu London Proben der verschiedenen Stadien des Thomasprozefses mit chemischen Analysen vorgeführt. Die Stahlhütte der Gesellschaft besafs damals vier 12-Tonnen-Konverter. Ein Konverter machte 17 Chargen in 24 Stunden. Ein Birnenfutter hielt 50 bis 70, ein Boden 7 bis 15 Chargen aus. Der Einsatz bestand aus 25 Zentner weifsem Roheisen und 7 bis 15 Zentner Kalk als Zuschlag. Den Wind lieferten zwei stehende Gebläsemaschinen von 600 P.S. Man nahm Eisen- und Schlackenproben bei jeder Charge. Der basische Prozefs lieferte ein sehr weiches Flufseisen, das sich namentlich gut für Bleche eignete, die auch im Schiffsbau bereits zur Verwendung kamen. Dennoch verbot der englische Lloyd im Jahre 1885 noch die Verwendung von Thomasstahlblechen, die indes wenige Jahre später freigegeben wurde. Das weiche Flufseisenblech führte sich dagegen im Handwerk, besonders bei den Klempnern rasch ein, wie es denn auch bei der Weifsblechfabrikation ausgedehnte Verwendung fand. In der Kleinbessemerei war der basische Betrieb durch Auskleidung der Clapp-Griffith-Konverter mit basischem Futter ebenfalls zur Einführung gelangt und war das damit erzielte Produkt der Kleinbessemerei für Bleche besonders beliebt.

1888 erfand Darby zu Brymbo sein Rückkohlungsverfahren mit Kohlenstaub.

Eine glänzende Entwickelung nahm die Fabrikation des Herdflufsstahls, des Siemens-Martin-Prozesses. Karl Wilhelm Siemens, oder nach englischer Bezeichnung Sir William Charles Siemens [1]), der an der Erfindung dieses Verfahrens wesentlich beteiligt war, dasselbe als selbständige Grofsindustrie ausgebildet und in Grofsbritannien mit dauerndem Erfolg eingeführt hatte, starb am 19. No-

---

[1]) Karl Wilhelm Siemens wurde am 4. April 1823 zu Lentha in Hannover geboren als einer der vier ruhmreichen Brüder (Werner, Wilhelm, Karl und Friedrich), denen die Technik so viel verdankt. Er studierte in Göttingen Chemie, trat aber schon im 19. Jahre in die Stolbergische Maschinenfabrik ein, um sich mit dem Maschinenwesen vertraut zu machen. 1830 ging er nach England, um eine Erfindung seines Bruders Werner zu verwerten, und blieb daselbst. 1847 führte er das Regenerativprinzip bei Dampfmaschinen aus. 1857 erfand er mit seinem Bruder den Regenerativ-Gasofen. 1862 baute er den ersten Stahlschmelzofen zu Durham. Zum Zweck der Flammofen-Stahlbereitung gründete er mit Josia Mason das Stahlwerk zu Landore. Seine weiteren Erfindungen für die Eisen- und Stahlbereitung ergeben sich aus dem Text unserer Geschichte.

Digitized by Google

vember 1883 in London, nachdem er kurz zuvor geadelt worden war. 1885 wurde ihm von der englischen Nation eine Gedächtnistafel in der Westminster-Abtei errichtet. Er erlebte noch die Einführung des Flammofenbetriebes mit basischem Futter, wozu der basische Konverterprozefs von Thomas den Anstofs gegeben hatte und der zuerst im Mai 1882 von der Farnley-Eisengesellschaft bei Leeds unter Leitung des Franzosen Gillot zur Anwendung gebracht wurde. Frühere Versuche, 1880 von J. Riley, Thomas und Gilchrist zu Blochairn, waren erfolglos gewesen.

Der basische Betrieb gestattete auch beim Flammofenprozefs die Verarbeitung phosphorhaltiger Roheisensorten und veranlafste eine rasch zunehmende Ausbreitung des Siemens-Martin-Prozesses, wie aus nachfolgender Tabelle ersichtlich ist.

Die Erzeugung von Siemens-Martin-Stahl in Grofsbritannien von 1881 bis 1890 in Tonnen.

1881	338 000	1886	705 256
1882	436 000	1887	996 802
1883	462 788	1888	1 313 226
1884	482 854	1889	1 452 036
1885	592 761	1890	1 589 227

Im Verhältnis zum Konverterflufseisen war die Produktion in diesem Zeitraume von 18,7 auf 44,1 Prozent gestiegen. 1879 betrug die Zahl der Siemens-Martin-Öfen 102, 1883 175 in 42 Werken. Die Durchschnittsleistung eines Ofens betrug 2600 Tonnen. Am besten arbeiteten die Öfen in Schottland, wo in 38 Öfen 179 633 Tonnen, also durchschnittlich in einem Ofen 4727 Tonnen erzeugt wurden. In Schottland nahm der Martinbetrieb in diesem Jahre derart zu, dafs man 1884 am Clyde bereits 78 Öfen zählte. Die Blöcke wurden meist zu Blechen verarbeitet. Man baute die Öfen gröfser wie früher, wodurch ihre Leistung erhöht wurde. Eine der gröfseren Anlagen waren die Blochairnwerke. Sie hatten 1883 13 Stahlflammöfen von 13, 15 und 25 Tonnen Einsatz. Hier wurden damals zuerst fahrbare Gjerssche Durchweichungsgruben eingeführt. Die Blockstrafse hatte hohle Stahlwalzen von 559 mm Durchmesser. Diese verarbeiteten Blöcke bis zu 35 Tonnen Gewicht für schwere Bleche und Platten. Die Leistung der Herdöfen zu Blochairn hatte sehr zugenommen, während sie 1876 50 Tonnen die Woche betragen hatte, stieg sie 1884 auf 140 Tonnen pro Ofen (nach Riley).

In den bekannten Hallside-works (s. S. 920) schmolzen 17 Öfen zu

Digitized by Google

13 Tonnen Einsatz Erzflufsstahl nach Siemens' Verfahren, aufserdem arbeiteten zehn 15-Tonnen-Öfen für Stahlformgufs. Auch in Hallside bediente man sich der Gjersschen Gruben. Die Dalzell-Stahl- und Eisenwerke hatten 13 Öfen zu 13 Tonnen Einsatz. Die Stahlöfen waren meist gröfser als auf dem Kontinent. Zu Bolton, wo man 1885 schwedisches Roheisen mit spanischen Eisenerzen verarbeitete, hatten die Öfen hohe Gewölbe. In dem West-Cumberland Eisen- und Stahlwerke hatte man 1885 zwei Öfen von 16 Tonnen Einsatz im Betriebe. Jeder Ofen machte 9 Chargen; jede Charge bestand aus 9 Tonnen Roheisen, 6 Tonnen Blechabfällen und 2 Tonnen Hämatit. In diesem Jahre führte man zu Blochairn versuchsweise Bathoöfen ein, die sich bewährten, indem sie rascher schmolzen. Riley und Dick brachten Verbesserungen daran an. Auch zu Hallside, das 1885 mit 22 Öfen arbeitete, ging man zu Bathoöfen über. Auf den Tudhoewerken liefs die Weardale Iron and Coal Company 1884 ihr altes Bessemerwerk eingehen und ersetzte die Konverter durch Siemens-Martin-Öfen, da der Herdflufsstahl für die Herstellung von Blechen und Platten geeigneter war. Das der Brymbo Basic Steel Company gehörige Stahlwerk bei Wishaw war damals das einzige basische Siemens-Martin-Werk in Wales. 1886 baute Ratcliffe zu Woolwich einen verbesserten Siemens-Martin-Ofen; 1887 konstruierte Hattons einen Drehofen mit halb saurem und halb basischem Futter. 1887 zählte man 28 Öfen mit basischem Futter in England. 1888 setzte J. C. Stodart in Cleveland zwei Öfen mit basischem Futter für 20 Tonnen Einsatz in Betrieb. Thwaite versuchte das Schmelzen des Roheisens in Kupolöfen mit basischem Futter. In diesem Jahre kam Darbys Kohlungsverfahren auch bei dem Siemens-Martin-Prozefs zur Anwendung. Die Bathoöfen verbreiteten sich immer mehr und wurden 1888 auch in Staffordshire eingeführt. 1889 konstruierte Hilton einen verbesserten Bathoofen.

Im allgemeinen blieb, ähnlich wie bei dem Konverterprozefs, die Zustellung der Siemens-Martin-Öfen mit saurem Futter vorherrschend. 1890 baute man solche Öfen für 25 Tonnen Einsatz. Man zählte in diesem Jahre in Grofsbritannien 302 Siemens-Martin-Öfen, die Durchschnittsleistung eines Ofens war auf 5180 Tonnen im Jahr gestiegen.

Der Herdprozefs gestattete, ebenso wie das Schmelzen in Tiegeln, die Herstellung von Spezialstahlsorten. Am 23. Mai 1889 nahm James Riley in Glasgow sein Patent für Nickelstahlbereitung (Engl. Pat. 1889 Nr. 8492). Obgleich sein Verfahren auch für den Tiegel- und den Konverterprozefs verwendbar war, empfahl er doch das

Digitized by Google

Herdschmelzen als am geeignetsten dafür. Er setzte dem geschmolzenen Metall erst Eisenmangan, dann Nickel zu.

Bei der Formgebung kamen mancherlei Verbesserungen in dieser Periode zur Einführung, besonders der von den Vereinigten Staaten entwickelte automatische Walzwerksbetrieb, durch angetriebene Rollengänge, Hebetische, Wendevorrichtungen u. s. w. und die Ausbildung der hydraulischen Schmiedepressen für die Behandlung schwerer Stahlblöcke anstatt der Dampfhämmer. Hierfür erwarb sich die Maschinenfabrik von Tannet & Walker in Leeds grofse Verdienste; sie setzte 1885 bei John Brown & Co in Sheffield eine Schmiedepresse für 5000 Tonnen Druck in Betrieb. — Um die Schienenfabrikation bemühte sich der schwedische Ingenieur C. P. Sandberg, der 1881 als Vertreter einer schwedischen Eisenbahngesellschaft zur Abnahme von ihr bestellter Eisenbahnschienen nach England gekommen und seitdem in England geblieben war. Nachdem er in einem Aufsatze über die Abnahmebedingungen für Eisenbahnschienen 1881 auch die Anforderungen, die an Schienen gestellt werden müssen, eingehend erörtert hatte, trat er mit Entschiedenheit für die Verstärkung des eisernen Oberbaues, besonders für die Herstellung schwererer Schienen, ein und kam 1886 mit seiner „Goliathschiene" an die Öffentlichkeit. Seine Bemühungen sind nicht erfolglos gewesen sowohl in England als auf dem Kontinent.

J. G. Snelus von Workington veröffentlichte 1881 eine wichtige Arbeit über die chemische Probe der Eisenbahnschienen. Durch den Ersatz des Holzkohlenbleches durch Flufseisenblech nahm die Weifsblechfabrikation einen gröfseren Aufschwung. Seit Anfang der achtziger Jahre verwendete man Siemens-Martin-Stahl hierfür, seit 1883 auch Clapp-Griffith-Flufsstahl. Hierzu kam die Schnellverzinnung. 1883 kam Cockley & Morwoods Walzenverzinnkessel zur Einführung; 1884 erfand Taylor seine Verzinnmaschine, die 1887 verbessert wurde. 1884 wurden in England 460000 Tonnen Eisen und Stahl für Weifsbleche verarbeitet. 1886 bauten Tannet & Walker eine grofse hydraulische Schere für Blochairn, in demselben Jahre wurde die von Kitson erfundene Parallelschere von Buckton & Co. ausgeführt und bei Bolckow, Vaughan & Co. aufgestellt. Buckton & Co. und Lamberton & Co. bauten in England grofse Dampfblockscheren. Blockwender für Walzwerke erfanden 1888 Williamson & Nelson und D. Davy in Sheffield (Engl. Pat. Nr. 10779 vom 25. Juli 1888). James Riley in Glasgow erbaute 1890 auf den Blochairn Steel Works ein eigenes Universalwalzwerk zum Verwalzen

Digitized by Google

von Brammen für Panzerplatten. Aufserdem kamen um diese Zeit mancherlei Spezialwalzwerke zur Einführung. 1889 erbaute Morgan in Worcester ein kontinuierliches Walzwerk mit hintereinander stehenden Walzgerüsten.

Der englische Schiffsbau, der mehr und mehr zur Verwendung von Flufsstahl überging und enorme Mengen verbrauchte, war in den achtziger Jahren grofsen Schwankungen ausgesetzt. 1882 betrug der Tonnengehalt der neuerbauten Schiffe 1 200 000; sank dann 1886 auf 473 675 und stieg wieder 1889 auf 1 326 240.

Am 19. Juni 1889 starb der bekannte Metallurg Dr. John Percy, dessen Werk über Eisen und Stahl einen Weltruf erlangt hat. Er war 1817 in Nottingham als Sohn eines Rechtsanwaltes geboren, studierte Medizin und erlangte schon in seinem 21. Jahre die Doktorwürde. Dann ging er nach Paris, wo er bei Gay-Lussac Chemie studierte und in dessen Laboratorien den Grund zu seiner gründlichen Kenntnis der analytischen Chemie legte. Er liefs sich dann als Arzt in Birmingham nieder, aber die dortige Metallindustrie veranlafste ihn, seine chemischen Kenntnisse der Metallurgie zu widmen, worin er bald Grofses und Originelles leistete, weshalb ihm die Professur für Metallurgie an der Royal School of Mines in London übertragen wurde.

Am 7. Mai 1890 starb auch der Altmeister des Werkzeugmaschinenbaues James Nasmyth, 82 Jahre alt.

Im Jahre 1890 wurde die britische Eisenerzeugung zum erstenmal überflügelt. Die Vereinigten Staaten von Nordamerika, die schon im Jahre zuvor in der Flufsstahlproduktion England übertroffen hatten, siegten jetzt auch in der Roheisenerzeugung mit 9350 gegen 8030 Kilotonnen. Diese für das englische Selbstgefühl schmerzliche Thatsache machte zwar einen tiefen Eindruck, blieb aber in der nächsten Zeit ohne besondere Wirkung auf die Entwickelung der britischen Eisenindustrie. Man gab sich der Hoffnung hin, dafs der Sieg der Amerikaner eine vorübergehende Erscheinung sei, herbeigeführt durch aufsergewöhnliche Anstrengungen. Man tadelte das scharfe Blasen bei den amerikanischen Hochöfen, wodurch dieselben rasch zerstört wurden, so dafs sie durchschnittlich nur $2^1/_4$ Jahre, die englischen dagegen sechs Jahre aushielten. Selbst diese kurze Lebensdauer der amerikanischen Hochöfen wurde nur erreicht durch eine übermäfsige Wasserkühlung von Gestell und Rost, welche die englischen Öfen nicht oder lange nicht in diesem Mafse nötig hatten. Der Sieg der Amerikaner war aber keineswegs ein zufälliger oder vorübergehender Erfolg, wie sich aus nachfolgender Produktionstafel ergiebt.

Digitized by Google

Roheisenerzeugung von 1890 bis 1899 in Kilotonnen.

	In Grofsbritannien	In den Vereinigten Staaten
1890	8033	9 350
1891	7525	8 404
1892	6817	9 304
1893	6939	7 238
1894	7542	6 764
1895	8022	9 597
1896	8700	8 761
1897	8930	9 807
1898	8769	11 962
1899	9543	13 839

Die Jahre 1891, 1892, 1893 waren für die Eisenindustrie ungünstig und für Grofsbritannien wurde dieser Zustand noch verschärft durch ausgedehnte Lohnkämpfe und Arbeitseinstellungen, besonders durch die grofsen Streiks der Kohlenarbeiter 1891 in Schottland und 1892 in Durham. Erst seit 1895 trat wieder ein Aufschwung ein, der gegen Ende des Jahrhunderts eine Glanzzeit der Eisenindustrie zeitigte. In diese letztere Zeit fallen dann auch viele Verbesserungen im Hochofenbetriebe, wobei die Nachahmung amerikanischer Vorbilder deutlich zu erkennen ist.

1890 zählte man 762 Hochöfen in Grofsbritannien, von denen aber nur 346 in Betrieb standen. Von diesen gingen 247 auf gewöhnliches Roheisen, darunter 20 auf solches für den basischen Flufsstahlbetrieb, 91 gingen auf Hämatiteisen, 9 auf Spiegeleisen. Von den 346 betriebenen lagen 54 an der Westküste (Schottland, Cumberland, Lancashire), 102 in Cleveland, 125 in Mittel-England (Staffordshire u. s. w.), 17 in West-Yorkshire, 2 in West-England, 4 in Nord-Wales, 36 in Süd-Wales und 6 im Inlande von Schottland. Clevelands Anteil[1]) an der britischen Produktion betrug 1876 27,5, 1880 32,5 und 1890 33,9 Prozent, war also ständig gewachsen, der Anteil Schottlands betrug 1876 17,5, 1880 13,6 und 1890 13,0 Prozent, hatte also abgenommen. Der Kohlenstreik in Schottland von 1891 hatte einen grofsen Ausfall in der Roheisenerzeugung zur Folge. Seit dieser Zeit haben denn auch die schottischen Warrants aufgehört preisbestimmend zu wirken, und damit hat auch das Börsenspiel mit Warrants nachgelassen. Schottland und Cleveland bezogen zur Herstellung von

[1]) D. h. der Anteil von Yorkshire North Riding, Durham und Northumberland.

Digitized by Google

Hämatiteisen für den Bessemerprozefs grofse Mengen ausländischer, besonders spanischer Erze. In Cleveland betrug 1892 die eigene Eisenerzförderung 5300000 Tonnen, hieraus wurden 1493000 Tonnen gewöhnliches Roheisen geschmolzen, die Erzeinfuhr belief sich auf 2260000 Tonnen, aus denen 1330000 Tonnen meist Hämatiteisen erblasen wurde.

Nach Jeremiah Head[1]) betrug die durchschnittliche Windtemperatur 1871 454° C., 1892 788° C., die Windprefsung 1871 0,2 bis 0,3 kg, 1892 0,47 kg pro Quadratcentimeter, die durchschnittliche Wochenleistung eines Hochofens 1871 etwa 300 Tonnen, 1892 548 Tonnen, der Kohlenverbrauch pro Tonne (1000 kg) 1871 1150 kg, 1892 1000 bis 950 kg. Die steinernen Winderhitzer waren 1871 18,5 m, 1892 18 bis 24 m hoch. Die Hochöfen hielten bei Erzeugung von Hämatitroheisen sechs Jahre, bei Erzeugung gewöhnlichen Roheisens aus heimischen Erzen 18 bis 20 Jahre.

1892 kamen Masselbrecher nach der Konstruktion von Armstrong, Martin, James und anderen zur Einführung. Das von Howdon und Howson vorgeschlagene Hochofenprofil wurde 1893 von Head in Middlesborough und von Samuelson ausgeführt. J. H. Darby führte in diesem Jahre die Verkokungsöfen von Semet-Solvay in England ein. Damit begann die Gewinnung der Nebenprodukte der Koksfabrikation. 1899 konnte Darby berichten, dafs in England 370 Semet-Solvay-Öfen mit 416000 Tonnen Jahreserzeugung betrieben wurden. Windsor Richards gab in einem Vortrage über die Entwickelung der englischen Eisenindustrie, die durch die steinernen Winderhitzer erzielte Koksersparnis auf 125 kg pro Tonne Roheisen an. Die neue Hochofenanlage zu Glegarnock wurde mit Gewinnung der Nebenprodukte aus den Gichtgasen nach dem System Dempster, das auf Abkühlung der Gase beruhte, eingerichtet. Ebenso waren die Hochöfen von Wishaw 1895 unter James Rileys Leitung mit Teer- und Ammoniakgewinnung versehen. Obgleich man in Cleveland die Öfen nicht so hoch baute wie Anfang der siebziger Jahre, hatten doch wenige Hochöfen unter 566 cbm Fassungsraum. Bereits im Jahre 1894 machte Thwaite den Vorschlag, die Hochofengase zur Krafterzeugung zu benutzen. 1894 stieg die Wochenleistung eines Hochofens zu Eston auf 1000, zu Dowlais auf 1500 Tonnen, was allerdings gegen die Leistung der neuen amerikanischen Öfen von 2400 Tonnen pro Woche noch beträchtlich zurückblieb. Die Tagesleistung der englischen Hochöfen

---

[1]) Stahl und Eisen 1894, S. 293.

Digitized by Google

war 1890 bis 1895 von 64,62 auf 75,79 Tonnen gestiegen. Mit der zunehmenden Leistung nahm die Zahl der Hochöfen ab, so z. B. in Süd-Staffordshire von 1871 bis 1894 von 108 auf 22, während die Jahresleistung eines Ofens von 6720 auf 14360 Tonnen gestiegen war. In Dowlais wie in Schottland ging die einheimische Erzgewinnung sehr zurück und wurden immer mehr importierte Erze verschmolzen. Deshalb wurde 1896 die neue Hochofenanlage der Dowlaisgesellschaft am Meere, bei Cardiff, errichtet; hier wurden nur überseeische Erze verschmolzen. Die Erze kamen zu See an und das daraus geschmolzene Roheisen ging zu See fort. Man konnte in 48 Stunden das Erz vom Schiff zum Hochofen bringen, es verschmelzen und als Roheisen wieder verladen. 1897 wurde der dritte Teil der englischen Roheisenerzeugung aus fremden Erzen dargestellt. Neben den spanischen Erzen begannen die schwedischen Erze eine Rolle zu spielen. Englische Gesellschaften betrieben die reichen Magneteisengruben im hohen Norden von Schweden, und Engländer waren es, welche die Bahn von diesen Bergwerken nach Ofoten an der norwegischen Küste zu bauen begannen. In den günstigen Jahren 1998 und 1899 machte der englische Hochofenbetrieb bedeutende Fortschritte.

Die Schweifseisenerzeugung ging dagegen mehr und mehr zurück. 1872 gab es in Süd-Stafford- und Ost-Warwickshire noch 2155 Puddelöfen, 1895 nur noch 1152. In Süd-Wales hatte man 1882 die letzten Eisenbahnschienen aus Schweifseisen gewalzt. Damals zählte man noch 255 Puddelöfen, 1897 nur noch 15. Die Consettwerke betrieben 1882 noch 170 Puddelöfen, 1893 nur noch 14, dabei aber 25 Siemens-Martin-Öfen von 17 bis 25 Tonnen Einsatz. Der Rückgang des Schweifseisen- und der Fortschritt des Flufseisenbetriebes von 1882 bis 1895 in Cleveland erhellt aus folgenden Zahlen. Es betrug die Erzeugung

	1882	1895
Puddelluppen	865 834	188 851
Bessemerstahl	332 155	362 589
Herdflufsstahl	6 096	734 846

Hieraus ersieht man schon, dafs die Herdstahlfabrikation die gröfsten Fortschritte in diesem Zeitraume machte, während die Bessemerstahlfabrikation nur wenig zunahm. Der Thomasprozefs blieb nach wie vor das Stiefkind. Die Fortschritte, die in England bei dem Konverterprozefs als solchem gemacht wurden, waren deshalb

Digitized by Google

auch nicht hervorragend und bestanden in der Hauptsache in der Einführung der amerikanischen Verbesserungen. In dieser Beziehung ist besonders die Einführung des Mischers zu erwähnen, die Evans 1893 zu Barrow vornahm. Die Leistung der Konverter wurde durch deren Vergröfserung und energischeren Betrieb in dem letzten Decennium gesteigert. Im Jahre 1889 waren in Grofsbritannien 125 Konverter vorhanden, wovon 83 in Thätigkeit waren und 2140791 Blöcke erzeugten. 1898 betrug die Zahl der Konverter 90, wovon 62 in Betrieb waren, die 1787536 Bessemerstahl lieferten. Die Leistung eines Konverters war demnach in dieser Zeit von 25792 auf 28831 Tonnen pro Konverter gestiegen.

Zahlreicher sind die Verbesserungen, die man bei dem Herdschmelzprozefs einführte. 1890 konstruierten Biedermann und Harvey einen neuen Siemens-Martin-Ofen. 1892 wurde Saniters Entschwefelung durch Zusatz von Chlorcalcium und Ätzkalk auf verschiedenen Werken eingeführt. 1895 kamen die verbesserten Generatoren von Taylor in Betrieb.

Der wichtigste Fortschritt war aber wohl die Vergröfserung der Flammschmelzöfen. 1898 hatten die Blochairnwerke in Schottland bereits 10 Öfen für 40 Tonnen Einsatz, während 1899 zu Barrow nur Öfen für 50 Tonnen Einsatz gebaut wurden[1]).

Die Erzeugung von Herdflufsstahl stieg von 1890 bis 1898 von 1564200 auf 2851506 Tonnen, hiervon waren nur etwa 10 Prozent auf basischem Herde erzeugt. Obgleich der englische Lloyd seit 1891 den basischen Flufsstahl für den Schiffsbau zugelassen hatte, blieb das Vorurteil gegen dieses Produkt in England bestehen und hemmte den Fortschritt der basischen Flufsstahlerzeugung. 1890/91 fand sogar ein Rückgang von 511500 auf 443300 Tonnen statt, und 1898 betrug die Erzeugung von Thomasstahl nur 512200 Tonnen. Während 1892 Deutschland an der Gesamterzeugung von Thomasstahl mit 63 Prozent beteiligt war, entfielen auf Grofsbritannien nur 12,7 Prozent.

Dadurch blieb aber England mit der Flufsstahlerzeugung überhaupt im Rückstande. Die Vereinigten Staaten waren 1892 an der gesamten Flufsstahlproduktion mit 35,2, Grofsbritannien mit 24,7, Deutschland mit 21,7 Prozent beteiligt. Das in England durch den basischen Prozefs erzeugte Flufseisen war meist von geringerer Güte als das in Deutschland erzeugte, welches deshalb schon 1893 dem britischen Flufseisen Konkurrenz machte und das anerkannter-

[1]) Stahl und Eisen 1899, S. 1016.

mafsen[1]) dem in England erzeugten Bessemereisen an Güte gleichkam oder es übertraf. Dafs Englands Erfolge mit dem basischen Verfahren, besonders mit dem Thomasprozefs so gering waren, lag keineswegs in den natürlichen Verhältnissen, sondern in dem mangelhaften Betriebe. Bei dem Herdprozefs setzte man zu viel Erze zu und für den Thomasprozefs wählte man häufig das schlechteste Roheisen für den basischen Prozefs aus und erwartete dann noch ein erstklassiges Produkt. Vor allem fehlte aber die sorgfältige chemische Kontrolle, die in Deutschland den basischen Prozefs zu einer solchen Höhe gebracht hatte.

Auch in Grofsbritannien arbeitete man bei dem basischen Prozefs auf ein möglichst weiches Produkt hin. 1892 enthielten von 413348 Tonnen Thomasstahl 322664 Tonnen, und 1893 von 363765 Tonnen 298140 Tonnen weniger als 0,17 Prozent Kohlenstoff.

Durch die veränderten Verhältnisse erfuhr auch die Tiegelstahlfabrikation mancherlei Änderungen und Verbesserungen. Zunächst wurden durch die Einführung der Regenerativfeuerung die Schmelzöfen sehr vergröfsert. 1894 benutzte man vielfach cementierten Flufsstahl anstatt des aus schwedischem Eisen hergestellten Cementstahls zur Gufsstahlfabrikation. Atwood in Weardale stellte 1895 Tiegelgufsstahl durch Zusammenschmelzen von Flufs- und Spiegeleisen dar.

Die wichtigsten Fortschritte lagen aber auf mechanischem Gebiete, auf der besseren Bearbeitung des Flufsstahls durch bessere Werkzeuge. Hierin erwarben sich Tannet, Walker & Co. in Leeds grofse Verdienste durch ihre erfolgreiche Verwendung des hydraulischen Druckes. Sie vervollkommneten besonders die Prefshämmer. 1890 bauten sie eine riesige hydraulische Blockschere für die Blochairn-Stahlwerke, während Lamberton & Co. vorzügliche Dampfblockscheren lieferten. Die starken Prefshämmer von Benjamin Walker für die Herstellung von Panzerplatten waren 1891 von Massey & Co. zu Openschaw bei Manchester und von W. E. Allen in Sheffield eingeführt worden. Vorzüglich angelegt waren die 1895 neu erbauten Panzerplatten-Walzwerke von Vickers & Co. in Sheffield und Parkhead-Forge am Clyde. Die in diesem Jahre von J. Brown & Co. neu aufgestellte 1000-Tonnen-Presse war von Whitworth & Co. in Manchester gebaut. Vickers & Co. bearbei-

[1]) C. E. Stromayers Vortrag in dem Instit. Engineers and Shipbuilders. Stahl und Eisen 1898, S. 317.

Digitized by Google

teten Blöcke von 70 Tonnen Gewicht mit Hülfe eines Kranes von 150 Tonnen Tragkraft und einer hydraulischen Presse, die 8000 Tonnen Druck ausübte, obgleich das Werkzeug selbst nur 783 Tonnen wog. Hiermit konnte ein Block von 1,3 m Dicke in einer Stunde auf 0,35 m geprefst werden. Die Plattenwalze lieferte Platten von 3 m Breite und 5,5 m Länge.

Die Blockwalzen wurden verbessert und mit automatischer Bedienung nach amerikanischem Muster versehen.

Am 27. Dezember 1876 starb im 80. Lebensjahre Sir John Brown, der Gründer der Atlaswerke, der um die Ausbildung des Bessemerprozesses und die Panzerplattenfabrikation sich grofse Verdienste erworben hat.

Am 15. März 1898 schlofs Sir Henry Bessemer, der durch die Erfindung des nach ihm benannten Prozesses der gröfste Förderer der Eisenindustrie und ein Wohlthäter der Menschheit geworden ist, die Augen.

Durch die Fortschritte der Flufsstahlfabrikation und der Bearbeitungsmaschinen erlangten einzelne Fabrikationszweige einen aufserordentlichen Umfang, wie besonders die Panzerplatten-Walzwerke und die Geschütz- und Waffenfabriken. Die grofse Anlage von Lord Armstrong zu Elswick gab 20000 und die unter der Firma Armstrong, Whitworth & Co. vereinigten Werke zu Elswick, Walker, Manchester u. s. w. 30000 Personen Unterhalt.

Die Weifsblechfabrikation, die ihren Hauptsitz in Wales und den Grafschaften Glammorgan, Monmouth und Carmathen hatte und die durch die Verwendung von Herdflufseisen an Stelle der Holzkohlenbleche zu grofser Blüte gekommen war, verlor durch die hohen Schutzzölle der Mc Kinley Bill und den Aufschwung der amerikanischen Weifsblechfabrikation ihren Hauptmarkt, die Vereinigten Staaten, und kam dadurch in Rückgang und Not.

Die Eisenindustrie Grofsbritanniens, wie dessen grofsartige Industrie überhaupt, ist in erster Linie begründet auf dem Reichtum an Steinkohlen und der energischen Ausbeutung derselben. Die Steinkohlenproduktion Grofsbritanniens hat bis 1898 die aller anderen Länder übertroffen, obgleich die Kohlenlager der Vereinigten Staaten viel ausgedehnter und reichhaltiger sind. 1876 förderte Grofsbritannien 127017 Kilotonnen = 46,4 Prozent der Weltproduktion, 1898 stellte sich die gesamte Steinkohlengewinnung wie folgt:

Digitized by Google

	Kilotonnen	Prozent der Weltproduktion
Grofsbritannien	205 275	31,0
Deutschland	127 959	19,3
Frankreich	31 908	4,8
Österreich-Ungarn	37 577	5,7
Belgien	22 088	3,3
Rufsland	12 862	2,0
Übrige Länder Europas	3 044	0,5
Summa Europa	440 713	66,6
Vereinigte Staaten	199 548	30,1
Kanada	3 600	0,5
Summa Amerika	203 148	30,6
Asien	10 136	1,5
Afrika	2 000	0,3
Australien	6 000	1,0
Summa Weltproduktion	661 997	100,0

Seit 1899 haben die Vereinigten Staaten auch in der Steinkohlenförderung Grofsbritannien überflügelt.

Die britische Kohlenerzeugung ist weit gröfser als der wirkliche Bedarf des Landes. Der Überschufs wird entweder ausgeführt oder zu einem ausgedehnten Veredelungsverkehr und zur Herstellung von Waren, die zum Teil wieder über See gehen, verwendet. Dies gilt besonders von der Eisenindustrie, die ungeheure Mengen ausländischer Erze verschmilzt und zu Eisenwaren verarbeitet, von denen ein grofser Teil wieder ausgeführt wird. Ob diese ungeheure Ausbeutung eines kostbaren nationalen Besitztums weise ist, kann fraglich erscheinen, in der Gegenwart verschafft es aber England den Reichtum und die Macht, die es erstrebt.

Auf dieser Grundlage ist der britische Ausfuhrhandel der gröfste der Welt. England hat in dem abgelaufenen Jahrhundert die erste Stelle im Welthandel eingenommen und nimmt sie noch ein. Nächst der Steinkohle spielt das Eisen dabei die wichtigste Rolle; sein ausgedehnter Export beruht jetzt grofsenteils auf einem Veredelungsverkehr, denn es werden ungeheure Mengen überseeischer Erze nach England ausgeführt, hier mit englischer Kohle geschmolzen und weiter verarbeitet, und teils als Roheisen, teils als Eisen- und Stahlwaren wieder ausgeführt. Die Erzeinfuhr ist seit 1870 gewaltig gestiegen; während in jenem Jahre nur 212 Kilotonnen eingeführt worden waren,

Digitized by Google

betrug die Einfuhr 1899 7055 Kilotonnen, wovon 6186 aus Spanien kamen. Die einheimische Erzförderung ist dagegen zurückgegangen.

Die englische Eisenausfuhr schwankte im allgemeinen mit der Roheisenproduktion, meist etwas stärker und ohne derselben genau zu folgen. Dabei hatte der inländische Verbrauch zugenommen.

	Roheisen-erzeugung Kilotonnen	Roheisen-ausfuhr Kilotonnen	Gesamtausfuhr an Eisen u. Stahl[1]) Kilotonnen	Verbrauch an Roheisen Kilotonnen
1871	6733	1061	3169	3000
1880	7872	1632	3793	3536
1890	8031	1154	4055	3921
1900	9052	1524	4619	5438

Obgleich die Ausfuhr mit der Produktion Schritt hielt und im ganzen noch gewachsen ist, sind in diesem Zeitabschnitte doch grofse innere Verschiebungen vor sich gegangen, indem der Absatz nach den beiden wichtigsten Ländern, den Vereinigten Staaten von Amerika und Deutschland, infolge der Erstarkung ihrer eigenen Eisenindustrie sehr zurückgegangen ist, und es ist ein glänzendes Zeugnis für die Lebenskraft des englischen Handels, dafs er diese Ausfälle ohne merkliche Störungen durch den Absatz nach anderen Ländern ausgleichen konnte. Besonders haben sich die britischen Kolonieen als in steigendem Mafse aufnahmsfähig für englische Eisenwaren erwiesen.

Die Roheisenausfuhr Englands ist in ihrem Steigen und Fallen in der Schaulinie *AB*, Fig. 342, dargestellt.

Diese Linien zeigen zuerst ein rasches Steigen der Ausfuhr und der Preise bis 1872, wo die Ausfuhr 1331 Kilotonnen, die Roheisenerzeugung 6849 Kilotonnen betrug, dann einen jähen Sturz bis 1874 auf 774 Kilotonnen Ausfuhr und 6005 Kilotonnen Produktion. Diesem folgt eine durch zwei Schwankungen unterbrochene Zunahme bis zu dem Maximum 1882 (1758 Kilotonnen Ausfuhr, 8724 Kilotonnen Erzeugung), dem ein jäher Absturz bis 1885 und dann eine auf- und niedersteigende Bewegung bis zu dem tiefsten Stand im Jahre 1892 von 767 Kilotonnen Ausfuhr und 6817 Kilotonnen Produktion folgt. Hiernach tritt wieder eine Aufwärtsbewegung ein, die bis 1899 auf

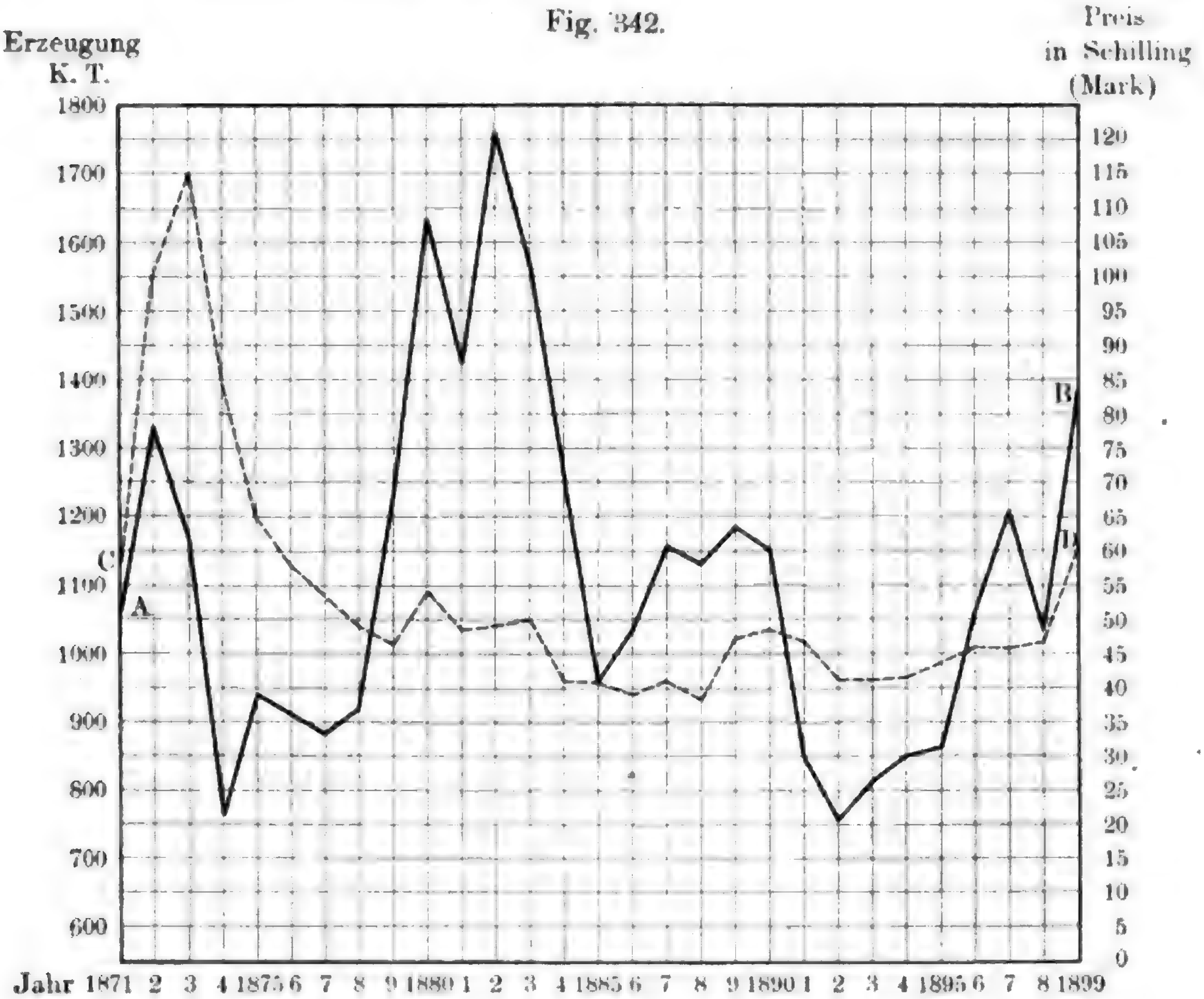
[1]) Auf Roheisen berechnet.

1379 Kilotonnen Ausfuhr und 9543 Kilotonnen Erzeugung (dem Höchststand der Roheisenproduktion) steigt.

Die Schaulinie *CD* der Preisschwankungen ist nach den Preisen schottischen Warrants eingezeichnet.

Die Eisenausfuhr Grofsbritanniens nach Deutschland erreichte ihren Höchststand im Jahre 1884 mit 441713 Tonnen, seit der Zeit hat sie abgenommen, so dafs sie z. B. 1887 nur 180792 Tonnen (hiervon 160915 Tonnen Roheisen) betrug.

Fig. 342.



A B = Roheisenausfuhr; C D = Roheisenpreis.

Zu Ende des Jahrhunderts ist aber die Ausfuhr infolge des raschen Aufschwungs der deutschen Industrie und der wegen Koksmangels ungenügenden Roheisenerzeugung wieder gestiegen, so dafs sie 1899 den hohen Stand von 568 Kilotonnen erreichte.

Der Absatz von Roheisen nach den Vereinigten Staaten, der früher sehr grofs war und 1887 1285 Kilotonnen betrug, hat dagegen fast ganz aufgehört. 1899 betrug er nur noch 36 Kilotonnen, während die Vereinigten Staaten nach England 81 Kilotonnen einführten, so

Digitized by Google

dafs die Zeit nicht fern zu sein scheint, in der Grofsbritannien ein gröfserer Abnehmer von Amerika sein wird.

Die Eisenausfuhr nach den Kolonieen bezifferte sich 1887 bereits auf 1099 Kilotonnen, wovon allerdings Roheisen nur einen kleinen Teil ausmachte.

Dem Wert nach betrug die gesamte Eisen- und Eisenwarenausfuhr Grofsbritanniens im Jahre 1899 £ 51 314 000, also über eine Milliarde Mark; hiervon entfielen in £ 1000:

auf Eisen und Stahl	28 693
„ Kurz-, Messerwaren und Geräte	3 570
„ Maschinen	19 051
	51 314

Von dieser Menge ging etwa ein Viertel nach den Kolonieen. Die Ausfuhr von Eisenbahnschienen hat in den neunziger Jahren einen grofsen Rückgang erfahren: 1890 betrug sie noch 1035 Kilotonnen, sank 1894 auf 425 Kilotonnen und bezifferte sich auch 1899 nur auf 477 Kilotonnen. Auch hiervon war der Aufschwung der amerikanischen Eisenindustrie, die ihren Bedarf selbst deckte, die Veranlassung.

Dieselbe Erscheinung trat bei dem Weifsblech ein, dessen Ausfuhr durch das Aufblühen der amerikanischen Weifsblechindustrie von 422 Kilotonnen im Jahre 1890 auf 257 im Jahre 1899 sank.

Eine Zunahme erfuhr die Ausfuhr von Stahlwaren und von verzinktem Blech.

Von geschichtlichem Interesse sind ferner die Verschiebungen, welche durch Steigen oder Sinken der Ausfuhr einzelner Provinzen oder Gebiete entstanden sind. Handel und Industrie der Mittellandprovinzen, besonders Staffordshires, litten infolge der steigenden Verarbeitung überseeischer Erze durch die Eisen- und Stahlwerke der Küste. Schottlands Handel wurde bedeutend überflügelt von dem Clevelands, der Hafen von Glasgow trat an Bedeutung für den Eisenhandel hinter den von Middlesborough zurück. Schottlands Giefsereiroheisen wurde Anfang der siebziger Jahre noch nach allen Eisenindustrieländern verschifft. Diese Ausfuhr nahm in den achtziger Jahren erst dadurch ab, dafs Deutschland anfing, seinen Bedarf an Giefsereieisen selbst zu decken, und dann durch den gewaltigen Aufschwung der amerikanischen Eisenindustrie.

1871 hatte Schottland 1160 Kilotonnen Roheisen erzeugt und 540 Tonnen exportiert, wovon der gröfste Teil über See ging. 1895 produzierte Schottland 1097 Kilotonnen, hiervon gingen aber nur

Digitized by Google

116 Kilotonnen Giefsereiroheisen über See, während 198 Kilotonnen nach England verführt wurden.

Die Roheisenverschiffungen aus Cleveland betrugen in Kilotonnen:

	1894	1895	1896	1897	1898	1899
	569	622	754	799	659	921
darunter nach Deutschland (Holland) .	236	239	374	410	304	523

Gegenüber der Ausfuhr erscheint die Einfuhr von Eisen und Stahl nach Grofsbritannien nicht bedeutend. Im Jahre 1872[1]) betrug sie 130 Kilotonnen gegenüber einer Ausfuhr von 3383 Kilotonnen = 3,8 Prozent; 1873 117 Kilotonnen = 3,9 Prozent dem Gewichte nach. 1896 für £ 5 303 000 gegen eine Ausfuhr von £ 44 352 000 = nahezu 12 Prozent dem Werte nach. Die Einfuhr von Eisen- und Stahlwaren, wie von Maschinen ist im Zunehmen, ihr Wert betrug 1896 für £ 40 377, 1898 für £ 6 639 000.

Es ist ein grofsartiges Bild der Entwickelung, welches uns die Fortschritte der britischen Eisenindustrie seit 1870 entrollen. Die volle Würdigung desselben wird leicht beeinträchtigt durch den Hinblick auf den noch grofsartigeren Aufschwung der Eisenindustrie der Vereinigten Staaten in dieser Zeit.

Betrachtet man aber die Geschichte des Eisens in Grofsbritannien in den drei Jahrzenten für sich und unbefangen, so mufs man nicht nur die Leistungen und Erfolge, sondern auch das eifrige Streben einer grofsen Anzahl ausgezeichneter Metallurgen anerkennen. Wenn einige hervorragende unter diesen, wie Sir William Siemens und John Gjers, eingewanderte Ausländer waren, so macht dies nichts aus, und England nennt sie mit Recht die Ihrigen, da ihre Thätigkeit und Erfindungen in England und für die englische Eisenindustrie gemacht wurden.

Es herrscht in dieser Periode ein ganz anderer Geist wie früher in der britischen Eisenindustrie, der Geist wissenschaftlichen Forschens, theoretischer Begründung. Früher war der „practical man“ alles, seine Erfahrung galt für viel wertvoller als alle Theorie. Heute, nachdem das Alte gefallen ist und Neuem Platz gemacht hat, weifs man auch in England den Wert wissenschaftlicher Bildung zu schätzen. Es ist sehr beachtenswert, eine wie grofse Zahl hochgebildeter, vorzüglicher Metallurgen in den letzten 30 Jahren in England aufgetaucht

[1]) 1871 war ein abnormes Jahr; damals erreichte die Einfuhr die Höhe von 528 147 Tonnen = 16,6 Prozent.

Digitized by Google

sind und mit Verständnis und Geschick an dem Fortschritt der Eisenindustrie nicht nur Englands, sondern der Welt gearbeitet haben.

Ein grofses Förderungsmittel hierfür waren die Bildungsanstalten, besonders die durch den Prinzen Albert ins Leben gerufene Bergakademie, die Royal School of Mines in London, die besonders in dem im Jahre 1887 gestorbenen John Percy einen so vortrefflichen Lehrer der Metallurgie und ganz besonders der Eisenhüttenkunde hatte. Viele der bekannten und hervorragenden Eisenindustriellen Grofsbritanniens sind seine Schüler gewesen.

Ein anderes wichtiges Förderungsmittel war ein höchst segensreiches Vereinsleben. Die Vereine haben von jeher in dem wissenschaftlichen Leben Englands eine grofse Rolle gespielt. Es war dies durch die Verhältnisse bedingt. Die beiden alten Universitäten Oxford und Cambridge bewahrten ihren einseitigen Charakter als Hochschulen klassischer Bildung und ihre mittelalterlichen Einrichtungen. Dem praktischen Leben standen sie vornehm fern. Der Staat betrachtete es nicht als seine Aufgabe, neue und moderne Bildungsanstalten zu schaffen, und überliefs dies den Städten und Grafschaften oder Privaten. Ohne das eifrige Bemühen des Prinzen Albert wäre auch die Bergakademie nicht als Staatsanstalt (government school) begründet worden. — Auf diesem Wege konnten also grofse Schöpfungen, nationale Hochschulen kaum entstehen. Durch den Mangel an solchen konnte das wissenschaftliche Streben nur in Vereinen sich bethätigen, was dem englischen Wesen und Charakter auch besonders entsprach. In diesen Vereinen, die wie die Royal Society, die Society for the advancement of science, die Geographical society schon lange bestehen, fand das wissenschaftliche Leben Englands einen teilweisen Ersatz für das, was unsere deutschen Hochschulen bieten. Solchen Vereinen anzugehören gilt als eine Ehre und als ein Zeichen von Bildung. Die bequeme Form des Vereins läfst sich jeder Art von Bestrebung anpassen und das geschah denn auch in reichem — manchmal überreichem Mafse.

Vereine für die Eisenindustrie sind erst in den letzten 40 Jahren entstanden. Älter sind die Gesellschaften der Zivilingenieure und der Maschinenbauer, der Bergingenieure (Soc. of civil engineers, Soc. of mechanic engineers, Soc. of mining engineers), in denen aber die Eisenhüttenkunde nur nebenher Berücksichtigung fand. Um so wichtiger war daher die Gründung des Iron and Steel Institute durch eine Reihe hervorragender Metallurgen unter dem Vorsitz des Herzogs von Devonshire im Jahre 1869. Es wurde rasch der

Digitized by Google

anerkannte Mittelpunkt für alle fortschrittlichen Bestrebungen der britischen Eisenindustrie und ist durch seine weise und weitherzige Organisation, die ihm gestattet, seine Thätigkeit nicht auf England zu beschränken, rasch der angesehenste und wichtigste Eisenverein der Welt geworden. Die Mitglieder des Vereins versammeln sich zweimal im Jahre zu einem Frühjahrs- und zu einem Herbst-Meeting in einem von der vorhergehenden Versammlung gewählten Orte, entweder einem wichtigen Centrum der Eisenindustrie, oder einer grofsen Hauptstadt, und zwar nicht nur in England, sondern auch im Auslande, wie z. B. in Paris (1879, 1889, 1900), Düsseldorf (1880), Pittsburgh, New York u. s. w. Hierüber werden wertvolle Berichte veröffentlicht. Als Auszeichnung für um die Eisenindustrie besonders verdiente Personen verleiht das Eisen- und Stahlinstitut jedes Jahr eine grofse goldene Medaille, „die Bessemermedaille“, und zwar nicht nur an Engländer, sondern auch an Ausländer, wie z. B. an Peter von Tunner, R. Åkerman, H. Wedding.

Welches hohe Ansehen dieser Verein geniefst, und wie hoch die Verleihung der Bessemermedaille geschätzt wird, geht daraus hervor, dafs er dieselbe im Jahre 1899 der Königin Victoria für ihre Verdienste um die Eisenindustrie Grofsbritanniens während ihrer langen, segensreichen Regierung verleihen durfte.

Das Eisen- und Stahl-Institut soll alle Fortschritte der Eisenindustrie fördern, ohne ein Interessenverein zu sein. Als ein solcher wurde 1876 die British Iron Trade Association, die ungefähr unserm Verein deutscher Eisen- und Stahlindustrieller entspricht, gegründet.

Aufserdem wurde eine Anzahl von Bezirksschulen und Bezirksvereinen, wie z. B. die Victoria-Universität in Leeds, die in ihrem Yorkshire-College auch eine Professur für Bergbaukunde besitzt, das Cleveland Institute of Engineers u. s. w. errichtet.

Die Namen der um die Eisenindustrie besonders verdienten Männer dieser Periode sind mit ihren Leistungen teils in dem allgemeinen, teils in dem speciellen Teil wohl meistens schon erwähnt worden; die folgende Zusammenstellung ist deshalb in der Hauptsache eine Wiederholung, die aufserdem auf Vollständigkeit keinen Anspruch macht.

Grofsbritannien hat seit mehr als zwei Jahrhunderten ausgezeichneten Gelehrten, Dichtern, Staatsmännern und um Industrie besonders verdienten Männern den Adel verliehen. Solche wegen ihrer Verdienste um die Eisenindustrie in den letzten 50 Jahren in den Adelstand erhobenen Männer sind: Sir John Bessemer, der Er-

Digitized by Google

finder des Bessemerprozesses, Sir William Ch. Siemens, der Miterfinder der Regenerativfeuerung, des Siemens-Martinprozesses u. s. w., Lord Armstrong, der Verbesserer des Geschützwesens und gegenwärtig gröfster Arbeitgeber, Sir Frederick A. Abel (Konstitution des Eisens, Verwendung des Flufsstahls zu Kriegszwecken), Sir Isaac Lowthian Bell (Hochofen-Wärmeökonomie), Sir James Kitson, Sir Bernhard Samuelson, Sir Henry Roscoe (Spektraluntersuchung der Konverterflamme), Sir James Wilson.

Als metallurgische Chemiker zeichneten sich aus Professor John Percy, Professor Roberts-Austen, Jr. E. Stead, G. J. Snelus, W. M. Williams, Saniter (Entschweflung des Stahls), Dr. H. C. Sorby (Mikrostruktur des Eisens), Le Neve Forster, Thomas Turner (Wirkung des Siliciums).

Als grofser Erfinder steht der leider so früh verstorbene Sidney Gilchrist Thomas, der Erfinder des Thomasprozesses im Mittelpunkte des Interesses, mit ihm sein Vetter Percy G. Gilchrist. Um die Einführung und Ausbildung des Thomasprozesses, als Grofsbetrieb machte sich Windsor Richards besonders verdient. Verdienstvolle Erfinder waren ferner: John Gjers (Winderhitzer, Durchweichungsgruben), E. A. Cowper und T. Whitwell (steinerne Winderhitzer), Darby (Nachkohlung), James Riley (Nickelstahl), R. A. Hadfield (Manganstahl u. s. w.), Robert Mushet (Specialstahl). Um Hochofenbau und -betrieb machten sich C. Cochrane und W. Hawdon, R. Howson, Vaughan, W. Ferrie verdient. Daniel Adamson († 13. Januar 1890), baute die ersten Dampfkessel aus Bessemerstahlblech. S. J. Jeans, der Schriftführer des Iron and Steel Institute, zeichnete sich in seinem Werke über Stahl als Schriftsteller aus. Wir nennen ferner: Josiah S. Smith, Ellis, Jerem. Head, G. Thomas, R. Dixon, Edward A. Cooper, H. Aitkin, Johnston, Elliot, Tilden, W. Chandler, Dick, Watson Smith, Henry Simon, Edward Williams, P. Fauber, T. R. Crampton, J. Henderson, T. Wrighson, A. Bauermann, A. Stansfield.

Wir lassen nun eine Zahlengeschichte der Eisenindustrie Grofsbritanniens folgen, welche eine statistische Darstellung der Entwickelung seit 1870 geben soll.

Digitized by Google

Produktion und Einfuhr in M.-Tonnen[1]).

	Steinkohlen-förderung	Eisenerz- Förderung	Eisenerz- Einfuhr	Roheisen-erzeugung
1870	112 241 531	14 600 585	211 642	6 058 931
1875	135 491 837	16 074 196	466 032	6 467 309
1880	149 378 744	18 314 466	2 676 551	7 873 228
1885	161 963 736	15 664 669	2 862 678	7 534 116
1890	184 594 850	14 001 259	4 543 338	8 030 681
1891	188 594 850	12 982 132	3 231 431	7 524 561
1892	184 065 460	11 593 677	3 840 991	6 816 603
1893	166 955 007	11 382 731	4 130 917	7 088 521
1894	191 289 966	12 565 184	4 413 652	7 427 342
1895	192 575 000	12 817 861	4 521 516	8 022 006
1896	198 487 040	13 919 976	5 504 155	8 700 220
1897	205 353 103	14 008 484	6 064 179	8 930 084
1898	205 274 919	14 028 000	5 555 849	8 769 249
1899	223 606 000	9 888 000	7 055 000	9 454 204
1900	225 170 163	9 531 450	6 398 639	9 051 107

Steinkohlenförderung 1898.

England . . .	147 811 478	Gr. Tonnen
Wales	23 863 505	„
Schottland . .	30 237 295	„
Irland	129 966	„
Zusammen	202 042 243	Gr. Tonnen
=	205 274 919	M.-Tonnen

Steinkohlenförderung 1900.

England	159 314 365	Tonnen
Wales	32 618 995	„
Schottland . . .	33 112 104	„
Irland	124 699	„
Zusammen	225 170 163	Tonnen

Steinkohlenausfuhr 1885 bis 1899.

	Tonnen	Wert in £		Tonnen	Wert in £
1885 . . .	23 770 957	10 633 151	1889 . . .	28 956 445	14 781 990
1886 . . .	23 283 389	9 837 338	1890 . . .	30 142 839	19 020 269
1887 . . .	24 460 967	10 169 991	1898 . . .	36 562 796	18 135 502
1888 . . .	26 956 445	11 345 298	1899 . . .	43 111 404	23 093 250

Steinkohlenausfuhr nach Ländern 1900.

Nach	Frankreich	8 636 632	Tonnen
„	Deutschland	5 985 559	„
„	Italien	5 345 165	„
„	Skandinavien	4 485 307	„
„	Rufsland	3 227 891	„
„	Spanien und den Canarischen Inseln . . .	2 619 681	„
„	Dänemark	2 124 435	„
„	Ägypten	1 973 796	„
„	Holland	1 901 544	„
„	den übrigen Ländern	9 808 001	„
	Zusammen	46 108 011	Tonnen

[1]) Bis 1894 nach Schrödter, Stahl und Eisen 1896, S. 252.

Eisenerzeinfuhr 1890.

Aus Spanien	4 028 672	Tonnen
„ Algier	227 609	„
„ Griechenland	112 764	„
„ Italien	46 517	„
„ Türkei	18 968	„
„ Australien	3 425	„
„ anderen Ländern	23 785	„
Zusammen	4 471 790	Tonnen
Wert £	3 596 056	

Hierzu kommen noch Rückstände von fremden Kiesen (purple ore) 492 668 Tonnen.

Eisenerzeinfuhr aus Bilbao.

1870	200 000	Tonnen	1893	2 999 907	Tonnen
1883	2 314 960	„	1894	3 072 430	„
1887	2 855 662	„	1897	5 065 000	„
1890	3 040 562	„	1898	4 684 000	„
1891	2 245 613	„	1899	6 186 000	„
1892	2 651 313	„			

Eisenerzförderung in Grofsbritannien und Irland in Tonnen [1]).

Staaten und Grafschaften	1872	1894
Derbyshire	307 183	8 617
Durham	97 954 (Durham und Northumberland zusammen)	2 722
Northumberland		—
Gloucestershire	199 453	28 193
Wiltshire	96 118	157 894 (Wiltshire, Rutlandshire, Oxfordshire, Sommersetshire zusammen)
Rutlandshire	—	
Oxfordshire	63 536	
Sommersetshire	30 913	
Lancashire	852 065	884 546
Lincolnshire	318 802	1 579 155
Shropshire	408 425	47 386
Nord-Staffordshire	361 603	860 059 (Nord- und Süd-Staffordshire zusammen)
Süd-Staffordshire	641 950	
Warwickshire	43 375	767
Worcestershire	—	7 521
Nord-Yorkshire (Cleveland)	4 974 951	5 198 010 (Nord-, Ost- und West-Yorkshire zusammen)
Ost- und West-Yorkshire	466 305	
Cornwall	48 200	976
Leicestershire	—	577 114
Northamptonshire	1 004 093	1 148 865
Cumberland	917 452	1 307 175
Devonshire	29 361	234
Nord-Wales	27 775	91
Süd-Wales	1 247 594 (Süd-Wales und Monmouthshire zusammen)	11 528
Monmouthshire		25 231
Insel Man	994	—
Schottland	3 270 000	641 405
Irland	176 550	77 695
	15 584 652	12 565 184
Einfuhr	801 503	4 484 270
	16 386 155	17 049 454

[1]) Aus Wedding, Handbuch der Eisenhüttenkunde, Bd. II, S. 118.

Digitized by Google

Eisenerzförderung in Grofsbritannien und Irland.

Staaten und Grafschaften	1898 Tonnen	Prozent	1900 Tonnen
Cleveland	5 770 019	41,2	
Cumberland und Lancashire	2 111 174	15,0	
Lincolnshire	1 793 611	12,8	
Northhamptonshire	1 285 154	9,2	8 582 778
Staffordshire	941 345	6,7	
Sonstige Bezirke in England und Wales	1 061 179	7,6	
Schottland	951 840	6,8	849 031
Irland	94 162	0,7	99 641
Zusammen	14 008 484	100,0	[illegible] 531 450

Roheisenerzeugung seit 1873, hierzu Eisenerz- und Kohlenverbrauch u. s. w. in Tonnen.

(Nach „The Iron and Coal Trades Review“ vom 23. Oktober 1896. Erläutert die Zunahme der Hochofenerzeugung und Abnahme des Kohlenverbrauchs.)

Jahr	Hochöfen insgesamt	Hochöfen in Betrieb	Roheisenerzeugung	Durchschnitts-Jahresausbringen eines Hochofens	Eingeschmolzenes Eisenerz	Verbrauchte Kohlen Zusammen	Verbrauchte Kohlen f. d. Tonne Roheisen
1873	892	683	6 671 514	9 768	17 089 155	16 986 028	2,55
1874	915	649	6 087 268	9 380	16 107 742	15 536 876	2,55
1875	899	629	6 467 309	10 282	16 824 709	15 896 106	2,46
1876	927	585	6 660 893	11 386	18 098 839	15 837 955	2,38
1877	940	541	6 714 404	12 411	18 542 112	15 587 924	2,32
1878	948	498	6 483 148	13 018	17 576 577	14 338 102	2,21
1879	929	497	6 091 262	12 257	16 049 833	13 327 290	2,19
1880	926	567	7 873 221	13 886	21 424 128	17 254 351	2,19
1881	953	565	8 274 760	13 937	20 573 251	17 764 750	2,14
1882	929	570	8 724 066	15 306	21 589 453	18 081 042	2,07
1883	900	552	8 665 769	15 699	21 349 487	18 059 400	2,08
1884	900	476	7 936 715	16 254	19 189 705	16 335 045	2,06
1885	885	434	7 534 116	17 360	18 224 973	15 532 127	2,06
1886	—	399	7 121 911	17 824	17 574 243	14 477 710	2,03
1887	855	405	7 680 470	18 964	18 657 400	15 548 055	2,02
1888	842	425	8 126 932	19 122	19 458 508	16 389 367	2,01
1889	813	445	8 455 989	19 002	19 998 891	17 034 961	2,01
1890	—	414	8 030 681	19 400	19 521 339	16 427 235	2,04
1891	—	376	7 524 561	20 012	18 815 483	15 619 690	2,00
1892	—	362	6 816 603	18 830	16 605 965	14 081 923	2,07
1893	695	327	7 088 622	21 677	16 886 583	14 027 635	1,98
1894	690	325	7 542 195	23 207	18 088 862	15 123 057	2,00
1895	—	344	7 826 714	22 753	18 927 406	15 468 109	1,97
1896	678	363	8 700 220	24 032	19 424 131	—	—
1898	550	$340^5/_{12}$	8 769 249	25 754	19 496 000	—	—
1899	609	408	9 454 204	23 172	16 943 000	—	—

Roheisenerzeugung der einzelnen Provinzen in Tonnen.

	1871	1873	1879	1882	1886	1890	1895	1898	1899
In England:									
Northumberland	34 165	44 807						—	—
Durham	759 244	799 573	1 781443	2 688 650	2 444 776	2 846 189	2 963 102	1 103 638	1 057 581
Yorkshire, Nord-Riding (Cleveland)	1 029 885	1 156 431						2 125 310	2 144 326
Yorkshire, Südwest-Riding	114 549	151 511	218 805	279 253	128 424	248 580	219 539	302 249	310 364
Derbyshire	270 485	296 468	291 455	445 735	312 221	379 375	252 630	326 214	370 016
Lancashire	530 359	529 271	631 343	782 739	698 186	734 824	581 364	749 555	741 946
West-Cumberland	326 569	456 877	531 638	1 001 181	726 673	771 591	657 034	849 174	932 901
Shropshire	129 467	135 149	60 790	80 475	32 985	43 084	50 792	42 776	44 363
Nord-Staffordshire	268 300	241 166	210 374	317 117	209 860	248 258	199 509	245 198	309 391
Süd-Staffordshire und Worcester	725 716	673 397	325 780	398 443	283 321	352 761	358 986	331 698	400 756
Northamptonshire	60 512	58 480	165 317	192 115	208 048	174 372	269 536	285 090	278 994
Lincolnshire	30 122	52 076	131 678	201 561	224 943	226 289	303 867	324 098	337 823
Notts und Leicester	—	—	—	—	77 663	131 300	250 465	277 686	292 193
Gloster, Wilts, Somerset etc.	99 997	92 993	40 000	48 000	10 668	35 504	41 400	—	—
In Wales:									
Nord-Wales	41 893	64 463	18 953	48 713	15 799	64 540	41 919	82 544	89 977
Süd-Wales mit Anthracit	34 761	32 822	669 858	883 305	656 254	822 030	715 400	515 430	958 063
" m. bitum. Kohle	1 161 155	776 884							
In Schottland	1 160 000	993 000	932 000	1 126 000	950 774	798 333	1 114 463	1 209 308	1 185 507
Insgesamt	6 627 179	6 566 471	6 009 434	8 493 287	6 980 595	7 875 130	8 022 006	8 819 968	9 454 204

Digitized by Google

Zahl der Hochöfen nach den einzelnen Provinzen.

	1871			1899		
	Hütten	Hoch-öfen	Hiervon in Betrieb	Hoch-öfen	Hiervon in Betrieb	im Bau
Northumberland	2	10	3	—	—	—
Durham	12	61	47½	41	29	9
Yorkshire, Nord-Riding	17	75	70	81	66	7
Yorkshire, Süd- und West-Riding	9	39	25	27	19	2
Derbyshire	12	46	38	41	33	3
Lancashire	7	41	34	39	24	3
West-Cumberland	8	34	28¾	43	30	10
Shropshire	19	25	19	9	4	—
Nord-Staffordshire	7	35	31	38	20	7
Süd-Staffordshire	53	163	108	55	21	8
Northamptonshire	5	12	9	21	15	—
Lincolnshire	3	7	4	22	15	2
Glocester, Wilts u. s. w.	6	18	13	3	1	—
Notts-Leicester	—	—	—	17	16	—
Nord-Wales	3	8	5	6	4	—
Süd-Wales	29	197	112	66	27	9
Schottland	27	156	127	100	84	5
Summa	211	897	674¼	609	408	65

	1871	1899
Jahreserzeugung im ganzen	6 627 179 Tonnen	9 543 306 Tonnen
„ pro Ofen	9 830 „	23 390 „

Nach Sorten wurde erzeugt in Tonnen:

	1884	1887	1890	1893	1895	1898	1899	1900
Giefserei und Puddelroheisen	5222745	3731148	3942308	3403289	4041404	4478545	4327099	4174084
Bessemer-(Hämatit-)roheisen	2362697	3113874	3044160	3180710	3585123	3325522	4054126	3695028
Thomasroheisen	—	479054	693630	182718	282786	792509	874413	939787
Manganroheisen (Spiegeleisen)	226285	236912	198032	172401	112693	223392	198536	242208
Zusammen	7811727[1])	7560988	7875130	6939118	8022006	8819968	9454204	9051101

[1]) Die Summen weichen von den auf S. 961 angeführten ab. Diese Abweichungen, die auch sonst noch vorkommen, rühren z. T. daher, dafs die Zusammenstellungen verschiedenen Quellen entstammen, z. T. daher, dafs nicht immer festzustellen, ob short tons zu 907,07 kg, metrische Tonnen zu 1000 kg oder gross tons zu 1015,95 kg gemeint sind. Zur Vergleichung behalten die Zahlen trotzdem ihren Wert.

Digitized by Google

Die Roheisensorten verteilten sich 1899 auf Provinzen in Tonnen.

	Frisch- u. Giefserei-roheisen	Hämatit-roheisen	Thomas-roheisen	Spiegel-roheisen	Anderes	Insgesamt
Schottland	640 080	494 627	50 800	—	—	1 185 507
Nord-Yorkshire (Cleveland)	1 064 107	674 516	341 152	64 551	—	2 144 326
Durham	422 044	577 956	57 581	—	—	1 057 581
West-Cumberland	51 937	829 137	—	51 827	—	932 901
Lancashire	58 912	588 958	27 255	65 953	869	741 947
Süd-Wales	53 794	888 932	—	15 337	—	958 063
Lincolnshire	270 559	—	67 264	—	—	337 823
Northamptonshire	278 994	—	—	—	—	278 994
Derbyshire	369 046	—	970	—	—	370 016
Notts und Leicestershire	292 193	—	—	—	—	292 193
Süd-Staffordshire	281 271	—	119 485	—	—	400 756
Nord-Staffordshire	275 611	—	33 783	—	—	309 394
Süd- und West-Yorkshire	180 443	—	129 921	—	—	310 364
Shropshire	22 698	—	21 664	—	—	44 362
Nord-Wales u. s. w.	65 410	—	24 567	—	—	89 977
Insgesamt	4 327 039	4 054 126	874 442	197 668	869	9 454 204

Rückblick auf die britische Roheisenerzeugung.

Jahr	Jahreserzeugung Kilotonnen	Zahl der Hochöfen in Betrieb	Erzeugung pro Tag und Ofen Tonnen
1750	10,2	61	0,55
1800	158	150	3,50
1810	305	165	6,16
1820	400	170	7,83
1830	700	315	7,40
1840	1512	417	12,00
1850	2250	550	13,63
1860	3712	600	18,00
1870	5964	664	30,00
1875	6467	629	34,00
1880	7873	567	46,33
1885	7534	434	57,61
1890	8031	414	64,62
1895	7827	377	75,79
1898	8769	380½	77,00
1899	9543	408	78,00

Digitized by Google

Rückblick auf die Selbstkosten der Roheisenerzeugung in England[1]) in Mark (Schilling), welcher deren Abnahme erläutert.

	1812	1831	1850	1872	1889	1897
Erz	57,10	38,01	17,88	12,57	12,55	30,24
Koks (Steinkohlen)	29,08	7,01	8,03	13,33	13,27	13,36
Kalkstein	2,08	2,06	2,03	2,50	2,50	2,02
Löhne	14,02 (Löhne und Diverse Ausgaben zusammen)	14,02	8,94 (Löhne und Diverse Ausgaben zusammen)	4,07	4,07	2,77
Diverse Ausgaben		14,02		3,91	3,90	1,51
Zusammen	102,28	75,12	36,88	36,38	36,29	49,90

Schweifseisen (Puddeleisen).

(1871 bis 1884.)

Jahr	Zahl der Puddel- und Walzwerke	Zahl der Puddelöfen	Zahl der Walzenstrafsen
1871	267	6841	866
1872	276	7311	1015
1873	287	7264	939
1874	298	6803	866
1875	314	7575	909
1876	312	7159	942
1877	300	6796	935
1878	332	5125	830
1879	314	5149	846
1880	314	5134	855
1881	311	5541	896
1882	335	5707 [2])	917
1883	252	5602	904
1884	259	4577	875

Jahr	Puddelöfen in Betrieb	Puddelöfen aufser Betrieb
1885	3723	1942
1886	4059	1581
1889	3346	?

[1]) Siehe Oscar Simmersbach, Die Entwickelung der Roheisenindustrie Grofsbritanniens. Stahl und Eisen 1897, S. 268. Vgl. Stahl und Eisen 1889.

[2]) 4651 davon in Betrieb.

Schweifseisen (Puddeleisen) 1871 in den einzelnen Provinzen.

	Zahl der		
	Puddel- und Walzwerke	Puddelöfen	Walzenstrafsen
Northumberland	2	54	5
Durham	21	951	65
Yorkshire	34	1142	147
Derbyshire	5	94	19
Lancashire	10	154	35
Cumberland	6	95	15
Shropshire	9	218	28
Nord-Staffordshire	8	429	40
Süd-Staffordshire	122	2037	320
Gloster, Wilts und Somerset	2	22	4
Nord-Wales	3	54	6
Süd-Wales	31	1252	141
Schottland	14	339	41
Zusammen	267	6841	866

Schweifs- und Flufseisenerzeugung seit 1881 in Tonnen.

Jahr	Schweifs-eisen	Flufs-eisen	Jahr	Schweifs-eisen	Flufs-eisen
1881	2 424 048	1 808 729	1891	1 761 644	3 207 994
1882	2 886 998	2 243 606	1892	1 585 668	2 966 522
1883	2 774 192	2 041 624	1893	1 385 790	2 983 000
1884	2 276 383	1 891 985	1894	1 360 487	3 360 453
1885	1 941 703	2 020 450	1895	1 166 380	3 312 115
1886	1 642 568	2 403 214	1896	?	4 306 211
1887	1 728 133	3 196 778	1897	1 328 000	4 559 736
1888	2 063 977	3 374 670	1898	?	4 639 042
1889	2 289 816	3 605 346	1899	?	4 933 010
1890	1 953 993	3 637 381			

Schweifseisenerzeugung der einzelnen Provinzen in Tonnen.

	1882	1894	1895
Cleveland	865 834	236 996	188 851
Nord-Staffordshire	198 599	139 105	117 923
Süd-Staffordshire und Warwick	670 891	395 237	244 243
Lancashire	281 916	147 448	143 000
Süd- und West-Yorkshire	269 321	124 276	122 135
Süd-Wales	216 590	27 393	10 338
Shropshire	90 360	21 601	36 075
Derbyshire	40 870	25 682	35 021
Schottland	213 665	199 123	234 089
Die übrigen Bezirke	30 953	43 726	33 905
Zusammen	2 886 999	1 360 487	1 166 380

Digitized by Google

Gesamterzeugung an Flufseisen einschliefslich Tiegel- und Spezialstahl 1870 bis 1899 in Tonnen.

1870	286 797	1880	1 320 561	1890	3 637 381	
1871	410 585	1881	1 808 723	1891	3 207 994	
1872	497 987	1882	2 245 666	1892	2 961 522	
1873	558 437	1883	2 041 624	1893	2 983 000	
1874	643 317	1884	1 891 985	1894	3 260 453	
1875	723 605	1885	2 020 450	1895	3 312 115	ohne Tiegelstahl
1876	851 659	1886	2 403 214	1896	4 199 532	
1877	904 507	1887	3 196 778	1897	4 557 735	
1878	1 117 930	1888	3 774 670	1898	4 639 042	
1879	1 029 522	1889	3 605 346	1899	4 933 010	

Konverterstahl und Herdflufsstahl in Tonnen.

Jahr	Konverterstahl	Herdflufsstahl	Jahr	Konverterstahl	Herdflufsstahl
1868	110 000	520	1884	1 320 047	475 500
1869	160 000	3 920	1885	1 304 006	593 250
1870	215 000	11 150	1886	1 595 247	705 256
1871	329 000	27 000	1887	2 097 433	996 801
1872	410 000	42 000	1888	2 012 794	1 292 742
1873	496 000	77 500	1889	2 140 791	1 429 169
1874	540 000	90 500	1890	2 014 843	1 564 200
1875	620 000	88 000	1891	1 668 277	1 538 770
1876	700 000	123 000	1892	1 524 823	1 441 531
1877	750 000	137 000	1893	1 517 669	1 479 610
1878	820 447	175 500	1894	1 559 930	1 600 523
1879	847 863	175 000	1895	1 559 783	1 752 813
1880	1 061 072	251 000	1896	1 844 896	2 354 636
1881	1 464 786	338 000	1897	1 914 301	2 643 434
1882	1 700 427	436 000	1898	1 787 536	2 851 506
1883	1 578 254	455 500	1899	1 854 275	3 078 737

Übersicht der Flufseisenfabrikation im Jahre 1879.

(44 Werke mit 14 702 Arbeitern.)

Öfen im Betrieb:

Bessemerbirnen		31
Flammöfen, Flufsstahlöfen		38
Tiegelöfen zur Ezeugung von Flufseisen		17
Tiegelöfen zum Umschmelzen (Gufsstahlöfen) . .		130
Hülfsöfen:	Kupolöfen	48
	Flammöfen	12
	Ausheizöfen	8
	Wärm- und Glühöfen	278
	Andere Öfen	28

Digitized by Google

Verschmolzen wurden:

Roheisen, inländisches	7 126 212
ausländisches	2 137 567
Spiegeleisen, inländisches	783 186
ausländisches	120
Ferromangan, inländisches	56 952
ausländisches	424
Schweifseisen	11 002
Flufseisen	701 884
Alteisen, Abfälle u. s. w.	436 947
(Für Tiegelstahl) Gekaufter Stahl	139 611
Zuschläge von Eisen	95 288
	12 479 193

Erzeugt wurden:

Flufseisen (einschl. Tiegelstahl)	
in Bessemerbirnen	9 292 849
„ Flammöfen	1 136 544
„ anderen Apparaten	25 460
Tiegelgufsstahl	530 186
	10 985 039
Verkäufliche Fabrikate aus Flufseisen	8 937 372

Konverterstahl in Tonnen.

Jahr	sauer (Bessemer)	basisch (Thomas)	Jahr	sauer (Bessemer)	basisch (Thomas)
1878	800 427	20	1889	1 646 872	493 919
1879	846 713	1 150	1890	1 511 443	503 400
1880	1 051 092	10 000	1891	1 232 016	436 261
1881	1 418 666	46 120	1892	1 117 984	406 839
1882	1 591 063	109 364	1893	1 132 133	385 036
1883	1 456 024	122 380	1894	1 157 845	402 085
1884	1 141 047	179 000	1895	1 111 174	445 782
1885	1 158 299	145 707	1896	1 379 300	465 596
1886	1 336 781	258 466	1897	1 396 328	517 973
1887	1 662 387	435 046	1898	1 272 336	512 200
1888	1 644 200	408 594	1899	1 328 618	525 657

Zahl und Verteilung der Konverter.

Jahr	Zahl	in Betrieb	Jahr	Zahl	in Betrieb
1871	89	—	1883	96	74
1872	91	—	1887	126	87
1873	103	—	1889	119	83
1879	104	66	1891	117	$82^1/_2$
1882	104	80	1898	80	62

Digitized by Google

	1889				1898			
	sauer		basisch		sauer		basisch	
	Konverter	in Betrieb	Konverter	in Betrieb	Konverter	in Betrieb	Konverter	in Betrieb
Süd-Wales	28	20	—	—	20	14	—	—
Cleveland	8	6	10	10	4	3	10	8
Cumberland, Nordwestküste	13	$10^3/_5$	—	—	9	7	—	—
Cheshire, Lancashire	20	10	—	—	8	6	—	—
Sheffield-Leeds	24	14	—	—	15	12	4	2
Staffordshire					—	—	3	3
Shropshire	—	—	16	$12^1/_2$	—	—	4	4
Schottland					—	—	3	3
Zusammen	93	$60^3/_5$	26	$22^1/_2$	56	42	24	20
	Tonnen							
Produktion	1 646 872		493 919		1 275 336		512 200	
pro Konverter	27 178		21 951		30 365		25 610	

Konverterstahlerzeugung der einzelnen Provinzen in Tonnen.

	1882	1889[1])	1896		
			sauer	basisch	Summa
Süd-Wales	483 086	568 169	465 330	—	465 330
Cleveland	326 924	473 958	131 277	277 158	408 435
Cumberland	191 326	458 622	362 383	—	362 383
Sheffield und Leeds	420 000	255 092	194 137	77 923	292 070
Lancashire und Cheshire	252 313	277 020	224 302	—	224 302
Staffordshire, Schottland u.s.w.	—	107 930	1 871	110 505	112 376
Zusammen	1 673 649	2 140 791	1 379 300	465 596	1 844 896

	1898			1899
	sauer	basisch	Summa	Summa
Süd-Wales	325 009	—	325 009	536 585
Cleveland	91 317	301 869	393 186	356 745
Cumberland	340 710	6 259	346 968	257 546
Sheffield und Leeds	275 040	74 729	349 769	335 164
Lancashire und Cheshire	243 260	—	343 260	217 545
Staffordshire, Schottland u.s.w.	—	129 344	129 343	150 690
Zusammen	1 275 336	512 200	1 787 536	1 854 275

[1]) In engl. Grofstonnen zu 1016 kg.

Konverterflufsstahlfabrikate in Tonnen.

	1885	1889	1894	1898
Eisenbahnschienen	717 887	943 048	608 106	763 616
Vorgeblocktes Halbzeug, Knüppel und Brammen	—	229 629	295 523	321 591
Bleche und Winkel	56 840	28 497	59 989	166 750
Stab- und Formeisen	—	289 877	314 912	192 853
Schwellen	35 200	111 159	44 230	42 882
Radreife	—	19 527	24 808	122 465
Andere Sorten	19 740	43 385	—	
Zusammen	1 026 425	1 655 122	1 347 550	1 610 157

Verteilung der Fabrikate aus Konverterstahl nach den einzelnen Provinzen im Jahre 1898 in Tonnen.

	Schienen	Bleche und Winkel	Stab- und Formeisen	Schwellen	Vorgeblocktes Halbzeug und Knüppel	Andere Sorten
Süd-Wales	109 416	34 775	57 622	83	69 148	18 916
Cleveland	181 375	3 099	8 004	13 734	113 058	—
Nordwestküste	346 850	26 844	69 092	29 065	18 847	45 720
Sheffield und Leeds	125 805	68 607	57 218	—	96 073	10 375
Staffordshire, Shropshire, Schottland	170	34 425	614	—	24 465	47 404
Zusammen	763 616	166 750	192 853	42 882	321 591	122 465

Konverterstahlschienen in Tonnen.

	1882	1883	1899
Süd-Wales	367 944	410 676	152 174
Sheffield	310 000	142 665	158 824
Cleveland	265 842	245 386	148 333
Lancashire und Staffordshire	141 306	125 011	378 716
West-Cumberland	150 693	173 436	
Zusammen	1 235 785	1 097 174	838 148

Die aufserordentliche Zunahme der Herdflufsstahlerzeugung in Grofsbritannien ist aus den folgenden Tabellen ersichtlich.

Digitized by Google

Zahl der Siemens-Martinöfen.

Jahr	Zahl der Öfen	Davon in Betrieb		
		saures Futter	basisches Futter	Zusammen
1879	102	—	—	—
1882	163	—	—	—
1885	215	—	—	—
1886	244	—	—	—
1887	261	—	—	222
1890	302	—	—	—
1892	—	210	25	235
1893	—	198	26	224
1896	383	$262^1/_4$	25	$287^1/_4$
1898	377	273	34	307

1896 nach Bezirken:

	sauer	basisch
Schottland	106	1
Nordostküste	109	2
Süd- und Nord-Wales	50	6
Sheffield und Leeds	30	5
Lancashire und Cumberland . . .	27	6
Staffordshire u. s. w.	21	11
Summa	352	31

Herdflufsstahlerzeugung der Hauptbezirke in Tonnen[1].

	1879	1888	1889	1892	1893	1896	1897	1898
Schottland	50000	442936	440165	469361	458211	595253	825698	963290
Nordostküste (Cleveland)	1000	352710	437100	435008	489834	882693	909638	1012050
Nord- u. Süd-Wales	85000	274650	242618	227117	237680	469912	422310	325628
Sheffield u. Leeds .	21000	81692	121794	117928	150231	171606	192075	214753
Lancashire und Cumberland . . .	15000	74938	116612	111475	76351	144063	121474	154435
Staffordshire . . .	3000	65816	70980	81235	70814	148109	172239	181352
Summa	175000	1292792	1429169	1441531	1479601	2354636	2643435	2851506

[1]) Engl. Ton = 1016 kg.

Hiervon auf saurem und auf basischem Herd erzeugt:

	1889		1893		1896		1897	
	sauer	basisch	sauer	basisch	sauer	basisch	sauer	basisch
Schottland	437 605	2 460	450 102	8 110	592 596	2 605	822 260	3 488
Nordostküste	437 100	—	487 056	2 778	882 693	—	909 638	—
Nord- und Süd-Wales	209 392	33 226	222 513	15 167	377 939	31 974	389 420	32 890
Sheffield und Leeds	114 541	7 253	140 120	10 891	142 240	32 386	151 400	40 675
Lancashire u. Cumberland	104 685	11 927	66 240	10 111	119 432	24 640	93 818	27 656
Staffordshire	54 138	16 843	33 676	37 138	64 700	83 410	65 481	106 758
Summa	1 357 461	71 708	1 399 706	79 895	2 179 592	175 045	2 432 017	211 417

Fabrikate aus Herdflufseisen in Tonnen.

	1886	1893	1894	1895	1896
Schienen	10 510	39 933	25 512	30 277	30 539
Platten und Winkel	257 612	525 203	632 910	754 507	1 005 879
Stab- und Winkeleisen	123 551	206 571	249 798	333 567	425 338
Knüppel und Rohschienen	85 779	215 026	198 304	293 728	374 046
Gufswaren	10 477	34 047	—	—	—
Schmiedestücke	5 682	27 972	—	—	—
Eisenbahnräder	—	62 029	—	—	—
Summa	498 375	1 120 781			

Weifsblech (meist Herdflufseisen).

1887	268 355	Tonnen	=	4 526 369	Kisten
1888	292 626	„	=	5 070 499	„
1889	336 693	„	=	5 559 734	„

Aus Siemens-Martinstahl wurden 1897 hergestellt nach Bezirken in Tonnen:

	Schienen	Platten u. Winkeleisen	Stabeisen	Halbzeug	Gufswaren	Radreifen, Achsen u. s. w.
Schottland	12 822	478 431	79 306	107 388	4 859	12 700
Nordküste	147	528 637	122 256	132 899	6 478	10 363
Nord- u. Süd-Wales	—	35 383	187 960	30 434	994	—
Sheffield, Leeds	—	48 086	24 481	75 188	12 113	15 084
Lancaster u. Cumberland	19 069	39 718	13 361	25 973	2 368	—
Stafford-, Shrop- u. Worcestershire	163	36 584	23 914	39 334	12	—
Insgesamt	32 101	1 166 839	451 278	411 216	26 824	38 147

Digitized by Google

Roheisenerzeugung und -ausfuhr, und Gesamtausfuhr von Eisen und Stahl Grofsbritanniens in Kilotonnen.

Jahr	Roheisen- Produktion	Roheisen- Ausfuhr	Gesamtausfuhr von Eisen und Stahl	Jahr	Roheisen- Produktion	Roheisen- Ausfuhr	Gesamtausfuhr von Eisen und Stahl
1871	6733	1061	3169	1886	7121	1045	3443
1872	6849	1331	3383	1887	7560	1160	4213
1873	6672	1142	2960	1888	8127	1136	3967
1874	6005	774	2488	1889	8376	1190	4188
1875	6467	947	2457	1890	8031	1154	4055
1876	6661	910	2224	1891	7525	854	3293
1877	6714	881	2346	1892	6817	779	2739
1878	6483	923	2987	1893	7089	853	2857
1879	6091	1228	2883	1894	7542	844	2692
1880	7872	1632	3793	1895	7826	880	2884
1881	8511	1482	3820	1896	8798	1077	3550
1882	8724	1758	4354	1897	8930	1219	3686
1883	8664	1564	4034	1898	8769	1059	3248
1884	8004	1269	3497	1899	9543	1401	3718
1885	7533	961	3131				

Eisenausfuhr Grofsbritanniens nach Sorten in Tonnen.

	1871	1882	1886	1890	1895	1900
Roheisen	1057458	1758072	1044257	1153592	866581	1176734
Stab- u. Winkeleisen u. s. w.	349084	313155	243386	226400	144043	125821
Eisenbahnmaterial	981197	936949	739651	1051988	463131	349955
Draht (aufser Telegraphendraht)	26200	8653	40174	62552	42256	28451
Bandeisen, Bleche (auch Schwarzblech z. Verzinnen)	200337	342599	307135	340916	103073	121166
Weifsblech	119605	265039	234775	438545	365982	208204
Gufs- und Schmiedestücke	243298	328262	355879	461437	290041	264886
Alteisen	139812	132032	144828	152300	95656	85837
Stahl (unverarbeitet) . . .	39170	172329	165833	151806	210100	257319
Stahl u. Eisen in Verbindung miteinander verarbeitet .	12975	18461	13279	25858	23703	32413
Verzinkte Bleche	—	—	—	—	204202	191963
Summa	3169218	4353556	3389197	4055404	2808768	2842649
Wert . . . . £	26124334	—	—	49976068	—	—

Einfuhr von Roheisen, Eisen und Eisenwaren.

1871	528147	Tonnen	1895	318138	Tonnen
1872	430047	„	1898	431907	„
1873	117198	„	1899	473614	„
1894	300929	„			

Schottland-Roheisen.

Jahr	Produktion	Verschiffung	Preise in Schilling und Pence					
			Maximum		Minimum		Durchschnitt	
	Kilotonnen	Kilotonnen	sh.	d.	sh.	d.	sh.	d.
1871	1160	540	73	—	51	$4^1/_2$	48	11
1872	1090	670[1])	72	3	137	—	102	—
1873	993	453	101	—	145	—	116	11[1])
1874	806	315	71	6	109	—	87	—
1875	1050	543	57	6	77	—	65	9
1876	1103	470	55	9	64	10	58	6
1877	982	445	51	6	57	10	54	4
1878	902	395	42	3	52	4	48	5
1879	932	555	40	—	68	—	47	—
1880	1049	651	70	—[2])	51	6	54	6
1881	1176	563	52	11	52	2	49	2
1882	1126	620	51	6	49	1	49	4
1883	1129	623	48	3	44	2	46	9
1884	988	520	43	5	42	6	42	$1^1/_2$
1885	1003	430	42	1	42	5	41	10
1886	936	371	40	1	43	3	39	11[3])
1887	932	407	46	4	43	—	42	3
1888	1028	413	41	6	41	9	39	11[3])
1889	999	431	41	3	60	4	47	9
1890	768	441	61	1	46	6	49	6
1891	674	299	47	1	47	2	47	2
1892	977	329	45	11	41	8	41	10
1893	783	293	43	4	43	9	42	4
1894	655[3])	252[3])	43	4	42	1	42	8
1895	1096	309	41	6	46	6	44	5
1896	1180	306	46	—	48	4	46	10
1897	1187	278	48	4	45	2	45	4
1898	1190[1])	287	45	10	49	2	47	2
1899	1166	306	52	3	63	9	63	9

Roheisenausfuhr nach Ländern dem Werte nach zu £ 1000.

Nach	1892	1895	1898	1899
Deutschland	388	441	676	1378
Rufsland	194	275	345	374
Italien	177	219	281	385
den Vereinigten Staaten	228	243	125	237
Gesamte Ausfuhr	1975	2077	2739	4784

[1]) Maximum.
[2]) Von hier ab Preise pro Januar und Dezember.
[3]) Minimum.

Digitized by Google

Roheisenausfuhr in Kilotonnen.

Nach	1888	1891	1894	1897	1899
Deutschland	226	201	224	349	438
Holland	202	151	109	220	266
Belgien	90	41	40	132	114
Frankreich	58	60	36	70	126
Italien	26	70	83	101	117
Skandinavien	43	44	47	72	72
Rufsland	47	45	109	65	82
den Vereinigte Staaten	146	47	12	14	36
Britisch Amerika	56	47	9	3	11
Australien	43	28	20	40	28
anderen Ländern	105	96	142	135	89
Insgesamt	1042	841	831	1201	1379

Eisenausfuhr nach Deutschland in Tonnen (meist Roheisen).

1878	289 658 (238 438 Roheisen)	1887	180 792 (160 915 Roheisen)
1879	262 219	1888	225 778
1880	269 135	1889	316 471
1881	297 006	1891	249 752
1882	351 884	1893	214 097
1883	317 150 (238 518 Roheisen)	1895	182 949
1884	441 713	1897	415 021
1885	232 884	1899	591 285 (529 770 Roheisen)
1886	187 140		

Rückblick auf die englische Roheisenausfuhr in Tonnen.

1806	2 549	1856	357 326	1886	1 044 222
1836	33 860	1866	500 500	1896	1 059 796
1846	159 163	1876	910 065	1899	1 379 296

Roheiseneinfuhr in Tonnen.

Aus	1895	1899
den Vereinigten Staaten	3 727	82 284
Schweden	78 178	67 730
Spanien	9 949	11 960

Digitized by Google

Ausfuhr von Eisen- und Stahlwaren in Kilotonnen.

	1888	1891	1894	1897	1898	1899
Roheisen	1 043,3	840,0	830,5	1 201,1	1 042,9	1 379,3
Alteisen	145,0	111,3	86,0	86,9	89,8	116,4
Stab- und Formeisen	297,5	217,0	129,2	167,7	150,1	159,1
Schienen	1 020,0	702,1	424,8	782,0	609,4	591,8
Reife, Bandeisen, Bleche	411,4	321,4	129,7	118,5	101,3	110,0
Schwarzblech zum Verzinnen	—	—	—	58,6	58,4	85,6
Verzinkte Bleche	—	—	169,8	227,4	226,5	238,4
Weifsblech	391,0	448,7	354,0	271,2	251,0	256,6
Draht	64,0	67,5	34,8	51,5	44,1	49,3
Gufs- und Eisenwaren	425,0	364,5	272,3	375,0	355,7	358,1
Stahl (ungeschweifst)	153,0	150,4	212,0	299,7	285,2	328,6
Stahlwaren	19,5	17,0	18,9	46,4	35,0	44,5
Insgesamt	3 973,0	3 241,0	2 662,0	3 686,0	3 248,5	3 717,6
Maschinen in £ 1000 Wert	12 939	16 411	14 265	16 256	18 390	19 651

Ausfuhr von Eisen- und Stahlwaren nach Ländern in Kilotonnen[1].

Nach	1888	1891	1894	1897	1898	1899
Rufsland	72,0	111,7	189,3	168,0	216,7	212,0 [2]
Schweden u. Norwegen	80,3	87,5	95,8	148,4	165,5	197,4
Deutschland	264,8 304,2 [2]	240,7	290,3	434,0	375,1	568,3 [2]
Holland	236,0	185,3	138,0	287,1	215,8	345,7 [2]
Belgien	88,6	41,3	39,7	132,5	75,0	145,6 [2]
Frankreich	71,6	71,7	52,0	89,0	86,0	165,3 [2]
Italien	73,5	111,5	133,4	132,9	150,5	150,0
Spanien u. Portugal	48,1	47,5	68,5	44,7	43,9	58,5 [2]
den Vereinigten Staaten	636,7	634,6	273,5	115,6	102,0	123,9
Britisch Nordamerika	259,2	188,1	127,9	61,8	51,1	111,9
Brasilien	30,9	61,8	48,0	65,1	76,6	48,0
Argentinien	367,1	118,4	57,9	106,5	108,0	90,3
Britisch Indien	511,5	300,6	271,6	486,1	401,2	358,1
Japan	83,6	26,6	55,1	94,1	31,5	23,0
China u. Hongkong	21,1	34,6	30,1	51,6	49,9	—
Afrika	64,0	108,0	75,2	187,2	166,6	89,7
Australien	359,8	346,4	174,9	309,9	245,3	293,7
Gesamtausfuhr	3 972,6	3 241,0	2 651,0	3 686,1	3 248,4	3 717,6

[1]) In den Ziffern sind nicht mit einbegriffen: Draht, Schwarzblech zum Verzinnen und Waren von Eisen und Stahl in Verbindung.

[2]) Gesamtausfuhr von Eisen- und Stahlwaren.

Digitized by Google

Ein- und Ausfuhr in Wertziffern zu £ 1000.

	1892	1895	1896	1898	1899
Einfuhr.					
Eisenerz	2 715	2 978	3 762	4 035	5 375
Roheisen	—	—	—	538	621
Stab- und Winkeleisen	692	550	570	557	577
Rohstahl	62	95	158	252	434
Träger- und Pfeilereisen	503	436	467	646	632
Radreifen und Achsen	—	22	35	38	38
Andere Eisenwaren	2 532	2 841	4 073	2 969	3 275
Summa Eisen und Eisenfabrikate	3 789	3 944	5 303	5 000	5 577
Maschinen und Fahrräder	—	—	—	3 669	3 961
Ausfuhr.					
Roheisen	1 975	2 077	2 536	2 739	4 784
Stahl und Winkeleisen	1 148	854	1 104	994	1 227
Schienen aller Art	1 662	1 433	2 598	3 012	3 131
Schwellen	281	171	387	—	—
Anderes Eisenbahnmaterial	304	293	581	—	—
Eisen- und Stahldraht, Waren daraus	794	711	904	773	888
Bandeisen, Bleche, Panzerplatten	1 264	765	847	779	932
Verzinkte Bleche	2 077	2 251	2 845	2 533	3 121
Weifsbleche	5 330	4 239	3 036	2 744	3 168
Gufs- und Schmiedeeisen	4 362	3 728	4 724	4 733	5 232
Altmaterial	328	253	339	239	391
Rohstahl	1 741	1 949	2 510	2 640	3 368
Schwarzblech zum Verzinnen	—	—	—	542	828
Gegenstände aus Eisen und Stahl	501	961	1 403	902	1 022
Summa Eisen und Eisenfabrikate	21 767	19 685	23 814	22 630	28 092
Kleineisenwaren	3 457	3 097	3 535	3 298	—
Dampfmaschinen	3 219	2 783	3 292	3 626	3 876
Andere Maschinen	10 670	12 368	13 745	14 764	15 775
Gesamtsumme	39 113	37 933	44 398	44 318	47 743[1])

Einfuhr in Metertonnen.

	1898	1899
Eisenerz	5 555 889	7 168 061
Roheisen	162 075	174 159
Stabeisen u. s. w.	70 332	74 326
Rohstahl	40 875	78 517
Träger u. s. w.	105 094	97 004
Radreifen und Achsen	2 179	2 465
Andere Stahl- und Eisenfabrikate	220 333	228 859
Summa Eisen und Stahl	600 888	655 330

[1]) Ohne Kleineisenwaren.

Ausfuhr einzelner Hauptartikel in Tonnen.

Jahr	Eisenbahnschienen	Hiervon Bessemerschienen [1])	Jahr	Eisenbahnschienen	Hiervon Bessemerschienen [1])
1871	981 197	—	1886	739 651	513 412
1872	945 420	—	1887	1 028 882	757 935
1873	785 014	—	1888	1 020 002	—
1874	752 665	—	1889	1 091 919	—
1875	545 981	—	1890	1 034 431	—
1876	414 656	—	1891	702 380	—
1877	498 256	—	1892	468 003	—
1878	439 392	251 491	1893	558 826	—
1879	463 878	328 425	1894	425 403	—
1880	693 696	464 401	1895	463 130	—
1881	820 800	594 419	1896	747 000	—
1882	936 949	733 919	1897	784 000	—
1883	971 165	754 108	1898	619 976	—
1884	728 540	527 466	1899	601 268	—
1885	714 276	484 505			

Weifsblech in Tonnen.

1871	119 605	1887	360 449	1894	354 081
1872	118 237	1888	391 361	1895	365 982
1882	265 039	1889	430 623	1896	266 963
1883	269 375	1890	421 797	1897	271 909
1884	288 708	1891	448 732	1898	251 760
1885	298 386	1892	398 449	1899	256 629
1886	334 775	1893	379 233		

Weifsblechausfuhr in Tonnen.

Nach	1890	1897
Rufsland	22 736	30 924
Deutschland	5 478	11 285
Holland	4 414	8 697
Frankreich	5 536	13 896
Australien	6 117	12 252
Britisch Nordamerika	16 127	21 863
den Vereinigten Staaten von Amerika	18 690	85 000
Britisch Ostindien	46 509	23 000
den übrigen Ländern		65 083

[1]) Soweit bekannt.

Eisenverbrauch von Roheisen in Kilotonnen.

1871	3672	1882	4387	1893	4905
1872	3681	1883	4476	1894	5464
1873	3644	1884	3949	1895	5614
1874	3544	1885	3733	1896	6078
1875	3825	1886	3926	1897	6072
1876	4030	1887	4364 [1]	1898	6256
1877	3819	1888	5104	(1898 nach Rentzsch	5256)
1878	3746	1889	5221	1899	7274
1879	3310	1890	4913	(1899 nach Rentzsch	5466)
1880	4190	1891	5045	(1900 „ „	5438)
1881	4400	1892	4735		

Roheisenerzeugung und Verbrauch pro Kopf der Bevölkerung.

	Produktion kg	Verbrauch kg
1873	210	115
1879	178	97 [2]
1886	204	109
1889	222	137 [2]
1890	275	128
1894 (nach Rentzsch)	192	139
1898	217,7	155 [2]
1899	230,6	163 [2]
1900 (nach Rentzsch)	220,8	132,6

Eisenverbrauch in Kilotonnen (nach Rentzsch).

	1890	1895	1898	1899
Einwohnerzahl in Millionen	37,5	39,0	40,4	41,0
1. Hochofenproduktion	8030	8022	8795	9454
2. Einfuhr:				
a) Roheisen aller Art, altes Brucheisen	—	—	198	249
b) Materialeisen und Stahl, grobe Eisen- und Stahlwaren, einschl. Maschinen aus Eisen	—	313	459	476
Zuschlag zu letzterem behufs Reduktion auf Roheisen $33\frac{1}{3}$ Prozent	—	104	153	159
Summe der Einfuhr	—	417	810	884
Summe der Produktion und Einfuhr	—	8439	9605	10 338

[1] Die Zahlen vom Jahre 1887 an sind durch Berechnung in der Weise gefunden, dafs von der Roheisenerzeugung die Roheisenausfuhr und die durch Zuschlag von $33\frac{1}{3}$ Prozent in Roheisen umgewandelte Eisen- und Stahlausfuhr abgezogen wurde.

[2] Nach eigener Berechnung. — Nach Rentzsch 1898: 130,29; 1899: 133,3.

Digitized by Google

	1890	1895	1898	1899
3. Ausfuhr:				
a) Roheisen aller Art, altes Brucheisen	1145	1172	1413	1824
b) Materialeisen und Stahl, grobe Eisen- und Stahlwaren, einschl. Maschinen aus Eisen	—	ca. 1950	2202	2286
Zuschlag $33^1/_3$ Prozent	—	650	734	762
Summe der Ausfuhr	—	3772	4349	4872
Einheimischer Verbrauch (1 + 2 — 3)	—	4667	5256	5466
Pro Kopf Kilo	—	119,7	130,1	133,3
Eigene Produktion pro Kopf Kilo	214.1	205,7	217,7	230,6

Deutschland (mit Luxemburg).

Die Entwickelung der Eisenindustrie Deutschlands seit dem Jahre 1870 bietet ein erfreuliches, glänzendes Schauspiel. Die Erzeugung und die Ausfuhr von Eisen und Eisenwaren hat beständig zugenommen. Die Roheisenproduktion betrug 1870 1391 Kilotonnen, 1899 8029 Kilotonnen, ist also in den 30 Jahren um das Sechsfache gewachsen. Das Verhältnis zur englischen Roheisenerzeugung war 1870 1391 zu 6060 Kilotonnen, also an 23 Prozent; 1900 8520 zu 9052 Kilotonnen oder 94 Prozent. Graphisch dargestellt zeigt die deutsche Eisenerzeugung eine aufsteigende Linie (Fig. 343) von viel gröfserer Stetigkeit und Regelmäfsigkeit als die entsprechenden Linien der englischen und amerikanischen Produktion, wie aus Fig. 340, S. 899 zu ersehen ist. In Kilotonnen betrug die Roheisenerzeugung Deutschlands (mit Luxemburg) von 1871 bis 1899:

1871	1564	1881	2914	1891	4641
1872	1988	1882	3381	1892	4937
1873	2241	1883	3470	1893	4986
1874	1906	1884	3601	1894	5380
1875	2029	1885	3687	1895	5465
1876	1846	1886	3529	1896	6372
1877	1933	1887	4024	1897	6881
1878	2148	1888	4337	1898	7313
1879	2227	1889	4425	1899	8029[1]
1880	2729	1890	4658	1900	8520

Noch nimmt Deutschland die dritte Stelle unter den Grofsmächten der Eisenindustrie ein, aber das rasche Wachstum in den letzten Jahrzehnten läfst es nicht unmöglich erscheinen, dafs es in

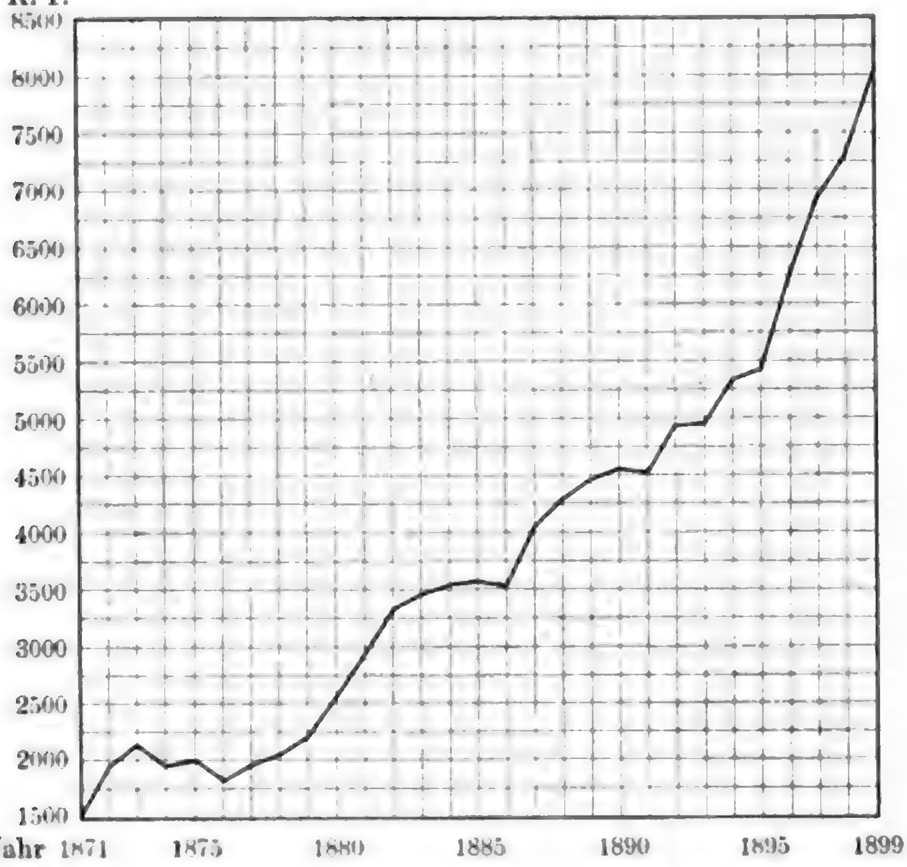
[1]) Nach Rentzsch 8142.

Digitized by Google

nicht zu langer Zeit wieder seine frühere Stelle als erstes unter den Eisen erzeugenden Ländern Europas erringen wird.

Diese grofsen Erfolge verdankt Deutschland in erster Linie seiner politischen Entwickelung. Der glorreiche Krieg von 1870/71 gegen Frankreich brachte ihm zwei alte Eisenindustriegebiete, Elsafs und Lothringen, einen Überflufs an Zahlungsmitteln durch die rasche Begleichung der Kriegsentschädigung von 5 Milliarden Francs durch Frankreich und die Einigung und Wiederaufrichtung des deutschen

Fig. 343.



Kaiserreiches, wodurch die feste Grundlage für eine segensreiche Entwickelung geschaffen wurde. Diese wunderbaren Errungenschaften verdankt Deutschland aufser seinem grofsen Kaiser Wilhelm I. und dessen Feldherren vor allem dem genialen Reichskanzler Fürsten Otto von Bismarck, dem unsterblichen Staatsmann und grofsen Patrioten, dessen Weisheit auch in der Folge in schwerer Zeit es verstand, die deutsche Industrie zu gedeihlicher Fortentwickelung auf die richtige Bahn zu lenken. Ihm ist die deutsche Eisenindustrie den gröfsten Dank schuldig, den sie ihm als ihrem Befreier, Beschützer und Wohlthäter auch sets dargebracht hat und darbringen wird.

Eine unmittelbare Wirkung der Siege in Frankreich war ein rasches Aufblühen der deutschen Eisenindustrie. Die Störungen,

Digitized by Google

welche der Krieg besonders in dem Bahnverkehr zur Folge hatte, wurden ausgeglichen durch den steigenden Bedarf an Eisen, und obgleich eine Million deutscher Männer, darunter eine grofse Zahl von Arbeitern, unter den Waffen standen, so war doch im Jahre 1870 kaum ein Rückgang der Eisenerzeugung zu bemerken und 1871 trat bereits eine grofse Steigerung derselben ein.

Die Folgen der Errungenschaften des Krieges, die einheitliche Regierung des Reiches und der wirtschaftliche Aufschwung übten den segensreichsten Einflufs aus. Die Neubewaffnung der Armee, der Bau neuer Eisenbahnlinien waren von grofsem Nutzen für die Eisenindustrie. Hierzu kam der sogenannte „Milliardensegen“, der der Industrie billiges Geld in reichstem Mafse zur Verfügung stellte. Unter solchen Umständen war es nicht zu verwundern, dafs die alten Eisenwerke sich vergröfserten und neue entstanden. Da hierzu Geldmittel erforderlich waren, welche die Kräfte des einzelnen überstiegen, so wurden Aktiengesellschaften gegründet, um die alten Werke zu übernehmen und auszubauen und neue zu errichten. Es begann die „Gründerzeit“, eine Zeit mühelosen Gewinnes und kühner Unternehmungen, die 1872 und in der ersten Hälfte 1873 andauerte. Da folgte in der zweiten Hälfte dieses Jahres der Rückschlag, der am stärksten in Österreich, wo die guten Zeiten und die Wiener Weltausstellung ebenfalls zu grofsen, aber vielfach unsoliden Gründungen und Anlagen Veranlassung gegeben hatte, zur Wirkung kam und deshalb als „Wiener Krach“ zur historischen Bezeichnung wurde. Dieser Anstofs wirkte auch erschütternd in Deutschland und führte einen Rückschlag herbei. Ihren Ausgang hatte diese Katastrophe aber in den Vereinigten Staaten von Amerika, als die natürliche Folge ungesunder Überspekulation bereits im Jahre 1872 genommen.

Da alle eisenerzeugenden Länder an dem Rausch des Gewinnes und der Spekulation teilgenommen, so folgte auch in allen der gleiche Rückschlag, ein sichtbares Zeichen, wie sehr die Industrie international geworden war, wie an der Arbeit und den Sorgen auf diesem Gebiete alle Kulturstaaten beteiligt waren. Es folgten Jahre des Niederganges für die deutsche Eisenindustrie, der im Jahre 1876 seinen tiefsten Stand erreichte.

Die ungünstige Lage der deutschen Eisenindustrie wurde aber noch sehr verschärft durch eine verkehrte Wirtschaftspolitik. Eine Frucht des deutschen Idealismus war die Schwärmerei für Freihandel. Der Milliardensegen und die scheinbare Blüte der Industrie führte deshalb den Reichstag zu dem unseligen Beschlusse, alle noch bestehenden Eisen-

Digitized by Google

zölle aufzuheben. Hierfür war aber die deutsche Eisenindustrie, die erst begonnen hatte sich zeitgemäfs umzugestalten, die durch die politische Umwälzung sich ganz neuen Aufgaben gegenüber sah, kurz, die erst in dem Anfang der Entwickelung begriffen war, viel zu schwach. Der 1870 auf die Hälfte (auf 0,50 Mark pro 100 kg) herabgesetzte Roheisenzoll wurde am 1. Oktober 1873 ganz aufgehoben. Diese Mafsregel, in Verbindung mit dem wirtschaftlichen Niedergange, war für die deutsche Hochofenindustrie eine schwere Schädigung. Indem sie dem billigen englischen Eisen ungehinderten Eingang verschaffte, zwang sie die deutschen Hüttenbesitzer, ihr Roheisen zu Preisen zu verkaufen, die verlustbringend waren. Noch verderblicher war die vom deutschen Reichstag am 7. Juli 1873 beschlossene Aufhebung der Zölle auf Schmiedeeisen am 1. Januar 1877. Sie führte einen traurigen Notstand der deutschen Eisenindustrie herbei, aus dem nur fremde Länder, Belgien und besonders Grofsbritannien, einen Vorteil zogen.

Der deutsche Reichstag verhielt sich ablehnend gegen die Klagen und Bitten der Eisenindustriellen. Die Hülfe kam durch Fürst Bismarck, der, obgleich auch in dem falschen Idealismus des Freihandels aufgewachsen und befangen, ein viel zu klarer Realpolitiker war, um nicht die schädigende Wirkung der Aufhebung der Eisenzölle und die Notlage der Eisenindustrie zu erkennen. Er ordnete deshalb im Jahre 1878 eine Enquete zur Untersuchung der Lage der deutschen Eisenindustrie an. Auf Grund dieser Enquete wurden die Eisenzölle am 24. Juli 1879 wieder eingeführt und zwar betrug der „Schutzzoll“, wie er von den Freihändlern genannt wurde, auf Roheisen 1 Mark, auf Schweifs- und Flufseisen 2,50 Mark pro 100 kg. Mit dieser Wiedereinführung der Eisenzölle begann ein wichtiger Umschwung in der Wirtschaftspolitik des Deutschen Reiches, zum Segen der gesamten Industrie, ganz besonders der Eisenindustrie. Der Staat erkannte es mehr und mehr als seine Pflicht, das deutsche Eisengewerbe auch dadurch zu unterstützen, dafs er seinen Bedarf im Inlande deckte und nicht mehr wie früher aus Vorurteil das Ausland bevorzugte. Hierzu waren Reich und Einzelstaaten in steigendem Mafse befähigt, ersteres durch seinen grofsen Eisenverbrauch für Armee und Flotte, letztere durch ihre Eisenbahnen, die, nachdem das Reichseisenbahnprojekt Bismarcks leider gescheitert war, von den Einzelstaaten nach dem Vorbilde Preufsens im Jahre 1879 verstaatlicht worden waren. Die deutsche Eisenindustrie entfaltete sich hierdurch zu hoher Blüte und stattete der weisen und wohlwollenden Reichsregierung ihren Dank dadurch

ab, dafs sie durch Vervollkommnung aller ihrer Betriebe Eisen und Stahlwaren von immer gröfserer Güte und Vollkommenheit lieferte und darin die Leistungen des Auslandes nicht nur erreichte, sondern vielfach übertraf.

Im Jahre 1876 hatte Professor Reuleaux, der deutsche Reichskommissar bei der ersten amerikanischen Welt-Industrieausstellung zu Philadelphia, den deutschen Erzeugnissen das Zeugnis „billig und schlecht“ ausgestellt. Wenn dieses Urteil in seiner Allgemeinheit auch übertrieben und ungerecht und der Reichskommissar wohl allzu sehr durch die Stimmen neidischer Konkurrenten in den amerikanischen Zeitungen beeinflufst war, so konnte doch damals dieses harte Urteil auch in Deutschland noch ein Echo finden. Zehn Jahre später wäre dies nicht mehr möglich gewesen. Durch die wohlthätige Wirtschaftspolitik des Reiches wurde die deutsche Industrie immer mehr exportfähig und dehnte ihren Welthandel derart aus, dafs dies die britische Industrie zu beunruhigen begann. England glaubte der deutschen Konkurrenz einen gewaltigen Schlag versetzen zu können, dafs es das Parlament und die Regierung zum Erlafs eines Markengesetzes, wonach jede Ausfuhrware mit dem Lande ihrer Herkunft bezeichnet werden mufste, veranlafste. Die Signatur „made in Germany“ sollte nach englischer Ansicht das Brandmal werden, das die deutsche Konkurrenz in England und den englischen Kolonieen vernichten sollte. Der Erfolg war aber ein entgegengesetzter. Der Stempel zeigte erst dem Auslande, wieviel gute, unentbehrliche Artikel von Deutschland kamen und bald wurde die Bezeichnung „made in Germany“ ein Ehrenzeichen für die deutsche Industrie, das nur dazu beitrug, ihren Absatz immer mehr zu steigern.

Aber nicht nur die Ausfuhr stieg, sondern auch der Verbrauch an Eisen im Inlande und zwar in überraschender Weise. Die Statistik giebt hierfür den Zahlenbeweis. Deutschland besitzt für seine Eisenindustrie eine gute und vielseitige Statistik, einmal von dem Kaiserlichen statistischen Amt, sodann von den Landesregierungen und endlich von dem Verein deutscher Eisen- und Stahlindustrieller, welche von Dr. H. Rentzsch in gediegener, gründlicher Weise bearbeitet ist. Nach den Angaben des letzteren ist der Verbrauch auf den Kopf von 1871 bis 1899 von 47,5 auf 128,4 kg gestiegen, während die Eisenerzeugung von 31,7 kg auf 150,8 kg sich erhöht hat.

In dem Vorhergehenden ist in knappen Strichen der äufsere Rahmen gezeichnet, in dem sich die deutsche Eisenindustrie der

Digitized by Google

letzten 30 Jahre entwickelt hat. Wenn auch die politischen Ereignisse in hohem Grade zu ihrer Förderung beigetragen haben, so liegt doch der Schwerpunkt ihrer Entwickelung in den technischen Fortschritten, die so grofsartig und mannigfaltig waren wie in keiner früheren Periode. Gefördert wurden diese durch die Schaffung eines Reichs-Patentgesetzes im Jahre 1877.

Von ganz besonderer Wichtigkeit für die deutsche Eisenindustrie war die Einführung des Thomasprozesses im Jahre 1879 und die energische, zielbewufste Ausbeutung der Flufseisendarstellung in der darauffolgenden Zeit. Dieses Ereignis bildet für die Geschichte des Eisens in Deutschland einen wichtigen Abschnitt.

Betrachten wir zunächst die Zeit vor Einführung des Thomasprozesses, also die siebziger Jahre. Die Hochofenindustrie machte in dieser Zeit bedeutende Fortschritte, wie schon aus der Zunahme der Produktion von 1871 bis 1880 von 1564 auf 2729 Kilotonnen zu erkennen ist. Der wachsende Bedarf führte zur Gründung neuer Hüttenwerke und zur Vergröfserung der Öfen der alten Werke zwecks Erhöhung ihrer Leistung. Von neuerbauten Hochofenwerken nennen wir die Sophienhütte bei Wetzlar von Gebrüder Buderus 1870, die Anlagen zu St. Johann-Saarbrücken 1871, zu Neustadt am Rübenberg, die Bismarckhütte bei Schwintochlowitz, Schalker Gruben- und Hüttenverein in Westfalen, Johanneshütte bei Siegen 1873.

Von neuen gröfseren Hochöfen erwähnen wir den von Bütgenbach bei Neufs, 15,70 m hoch, Mathildenhütte bei Harzburg, 17,262 m hoch, beide 1871 erbaut, den neuen Hochofen der Königshütte in Oberschlesien, 18,831 m hoch (1873), Mülheim am Rhein, 20 m hoch (1874), und Gute Hoffnungshütte bei Oberhausen, 21 m hoch (1876). Im Jahre 1871 wurden in 306 Hochöfen 1 563 682 Tonnen Roheisen, 1880 in 246 Öfen 2 729 038 Tonnen geschmolzen. Während die Zahl der Hochöfen also abgenommen hatte, war ihre durchschnittliche Jahresleistung in der Zeit von 1871 bis 1880 von 5110 Tonnen auf 11 094 Tonnen gestiegen. Diese bedeutende Mehrleistung war aber keineswegs nur durch die Vergröfserung der Öfen, sondern fast noch mehr durch die Verbesserung der Apparate und Maschinen, wodurch erhöhte Windtemperatur und stärkeres Blasen erzielt wurde, bedingt. Ein sehr wichtiger Faktor war die veränderte Zustellung mit geschlossener Brust infolge Einführung der Lürmannschen Schlackenform, die immer allgemeiner wurde. Hierdurch wurde eine Erweiterung des Gestells, bessere Windverteilung und gröfsere Windpressung ermöglicht. Steinerne Winderhitzer waren in den siebziger Jahren noch selten in

Deutschland. Dagegen verbesserte man die eisernen Winderhitzer, indem man Apparate mit hängenden Röhren, besonders aber die Gjersschen oder Clevelandwinderhitzer einführte. Dadurch steigerte man die Windtemperatur auf 400 bis 450 Grad.

Ein glänzendes Beispiel für die Fortschritte der deutschen Hochofenindustrie bietet die Ilseder Hütte[1] bei Peine unter der umsichtigen Leitung von Hermann Spamer, wie nachfolgende Tafel beweist[2].

Jahr	Koksverbrauch auf 1 Tonne Erz kg	Windtemperatur 0° C.	Ausbringen Prozent	Durchschnittliche Tagesproduktion kg	Selbstkosten pro Tonne Mark
1870	435,7	257	36,60	71 611	36,96
1875	243,7	307	37,12	79 429	39,04
1880	201,5	402	36,14	109 573	27,33

Durch die Erwerbung von Elsafs-Lothringen waren vier Gruppen von Eisenhütten Deutschland zugefallen: 1. bei Forbach die de Wendelsche Hütte zu Stiering, 2. bei Metz die Werke von Karcher, von Westermann und von Dupont & Dreyfufs, 3. im Gebiet von Diedenhofen besonders die grofsen Eisenwerke bei Hayingen (Hayange) von de Wendel und 4. bei Hagenau im Elsafs die Werke von de Dietrich bei Niederbronn. Von noch gröfserer Wichtigkeit war die Erwerbung des ausgedehnten, reichen, aber noch wenig erschlossenen Minette-Erzgebietes von Lothringen, und einheimische wie westdeutsche Eisenindustrielle beeilten sich, nachdem alsbald nach der Vereinigung das preufsische Berggesetz in den Reichslanden eingeführt worden war, Mutungen einzulegen und Grubenfelder zu erwerben. Da die Erze sehr phosphorhaltig waren, kamen sie noch nicht zur vollen Geltung, immerhin stieg die Erzförderung Lothringens von 1870 bis 1880 von 387463 Tonnen auf 995958 Tonnen.

[1]) Über die Gründung der Ilseder Hütte ist leider auf Seite 257 eine unrichtige Angabe mitgeteilt worden. Den Plan zur Anlage der Ilseder Hütte hatte Bankier C. Hostmann in Celle, der 1856 die Berg- und Hüttengesellschaft zu Peine gegründet hatte, zuerst gefafst. Das grofsartig gedachte Unternehmen kam aber nicht zur Ausführung, vielmehr geriet C. Hostmann 1858 in Konkurs. Sein Schwiegersohn, Rechtsanwalt C. Haarmann, gründete auf beschränkterer aber soliderer Grundlage 1858 die Aktiengesellschaft Ilseder Hütte, die sich seitdem so glänzend entwickelt hat. Im September 1860 blies dieselbe den ersten der zwei von ihr erbauten Hochöfen an. Die Hüttenbahn nach Peine wurde am 2. Mai 1865 eröffnet. Am 10. April 1867 wurde der dritte Hochofen angeblasen. 1868 übernahm H. Spamer die technische Leitung und damit begann die Zeit des Aufschwunges der Ilseder Hütte.

[2]) Nach F. W. Lürmann, Stahl und Eisen 1888, S. 367.

Digitized by Google

Der Umstand, daſs fast alle deutschen Eisenerze phosphorhaltig waren, erschwerte die Ausdehnung des Bessemerprozesses. Nur wenige deutsche Hüttenwerke konnten Bessemerroheisen aus einheimischen Erzen erblasen. Es waren dies die Georg-Marienhütte bei Osnabrück, die Königin-Marienhütte bei Zwickau und die bayerische Maxhütte. Die meisten übrigen Werke, die Bessemerroheisen schmolzen, wie z. B. Hörde, Gutehoffnungshütte, Dortmunder Union, Phönix, muſsten die Erze hierfür aus dem Auslande, aus Cumberland oder Spanien, beziehen. Friedrich Krupp in Essen hatte zu diesem Zweck 1871/72 bedeutende Konzessionen in Nord-Spanien erworben, die ihm einen Bezug bis zu 300000 Tonnen Bilbaoerz sicherstellten. Zu diesem Zweck hatte er mit der Dowlais Iron Company in Wales, der Consett Iron Company in Consett bei Newcastle und mit Ybarra Hermanos, dem Besitzer der Orconera-Gruben bei Bilbao, die Orconera Iron Ore Company gebildet, um diese Bergwerke gemeinschaftlich auszubeuten. Hierfür baute die Gesellschaft 1872 eine Eisenbahn von den Gruben nach Luchana am Nerrion, wo die Verladung auf die Transportschiffe stattfand.

Zu den bemerkenswerten Fortschritten im Hochofenbetriebe gehörte auſser der Freilegung und Wasserkühlung von Gestell und Rast, die Freilegung des Ofenschachtes, in der Weise, daſs der innere Ofenschacht aus feuerfesten Chamottesteinen nur durch Bänder oder einen Blechmantel zusammengehalten und von einem auf Säulen stehenden guſseisernen Kranze getragen wurde. Die Plattform der Ofengicht und der Gichtgasfang waren dabei durch eiserne Tragsäulen in der Weise unterstützt, daſs sie nicht auf dem Schachtmauerwerke ruhten. Einen solchen Ofen hatte Bütgenbach in Neuſs bei Köln erbaut und im Modell in der Weltausstellung zu Wien 1873 ausgestellt.

Ein ganz ähnlicher Ofen war aber schon 1869 auf der Ilseder Hütte erbaut worden, derselbe war mit sechs gleichmäſsig verteilten Windformen von 12 Zoll (31 cm) Durchmesser, in welche passende Düsen eingeschoben wurden, versehen. Die Formen ragten mit ihrer Mündung in den Ofen hinein. Bütgenbachs Hochofen erregte durch seine Vorführung auf der Weltausstellung in Wien Aufsehen und wurde namentlich auf mehreren französischen Hütten eingeführt.

Beim Rösten der Eisenerze fand der Gasbetrieb Eingang; A. Thoma wollte denselben auch auf das Hochofenschmelzen ausdehnen.

Die Notlage, in welche die deutsche Hochofenindustrie nach dem Jahre 1873 kam, zwang die Hüttenbesitzer, auf Mittel und Wege zu

sinnen, um der schwierigen Konkurrenz mit dem Auslande, insbesondere der Überflutung mit englischem Roheisen, entgegenzutreten. Für das Bessemerroheisen lagen die Verhältnisse hierfür wenig günstig, anders verhielt es sich mit dem Gieſsereiroheisen, das seit Jahrzehnten aus Schottland und England bezogen wurde, und an das nicht nur die Gieſsereien Norddeutschlands, sondern auch die von West- und Süddeutschland so gewöhnt waren, daſs man an einen Ersatz durch einheimisches Produkt kaum dachte. Da aber die Hochofenhütten in Westdeutschland bei den verbesserten Betriebseinrichtungen sehr wohl imstande waren, teils aus einheimischen (nassauischen und lothringischen), teils aus ausländischen (spanischen) Erzen ein vorzügliches Gieſsereiroheisen zu erblasen, so trat 1877 auf Anregung des Direktors Jos. Zervas an der Friedrich-Wilhelmshütte in Mühlheim a. d. Ruhr und mit Unterstützung des preuſsischen Handelsministers Achenbach eine Kommission, bestehend aus Professor H. Wedding und mehreren Eisenindustriellen, zusammen, die den Hütteninspektor Wachler in Gleiwitz beauftragte, vergleichende chemische und physikalische Untersuchungen über rheinisch-westfälische und ausländische Gieſsereiroheisensorten anzustellen. Das Ergebnis derselben fiel zu Gunsten des deutschen Gieſsereiroheisens aus und hat wesentlich dazu beigetragen, dem deutschen Gieſsereiroheisen eine allgemeinere Verwendung zu verschaffen und die englische Einfuhr zu beschränken. Infolgedessen stieg der Verbrauch von deutschem Gieſsereiroheisen in der zweiten Hälfte der siebziger Jahre und zwar 1875 bis 1880 von 236 567 Tonnen auf 335 363 Tonnen, während der Verbrauch von ausländischem Gieſsereiroheisen in demselben Zeitraume von 311 013 Tonnen auf 247 988 Tonnen zurückging.

Die oben erwähnte Kommission hat auch das Verdienst, die Einrichtung öffentlicher und allgemeiner Untersuchungs- und Prüfungsanstalten für Eisen- und Eisenfabrikate angeregt zu haben, nachdem Professor H. Wedding schon seit Ende der sechziger Jahre dafür eingetreten war. 1878 wurde eine solche Anstalt für Preuſsen beschlossen, die 1880 in Berlin eröffnet wurde. Professor Bauschinger in München hatte schon 1871 eine kleine Versuchsanstalt in München gegründet, die dann 1880 zu einer staatlichen Materialprüfungsanstalt erweitert wurde. Die Materialprüfung und die staatlichen Anstalten dafür haben einen nicht zu unterschätzenden Einfluſs auf die Qualität der deutschen Eisensorten, auch des Roheisens, ausgeübt. Überhaupt hat der deutschen Eisenindustrie die wissenschaftliche Behandlung der technischen Aufgaben in ganz besonderer Weise genützt und viel

Digitized by Google

zu der Vortrefflichkeit ihrer Leistungen und zu ihren Errungenschaften im Wettbewerb mit den übrigen Eisenindustrieländern beigetragen. Dies war ermöglicht durch die wissenschaftliche Ausbildung der technischen Beamten und durch die Würdigung der Wichtigkeit theoretischer Klarstellung der technischen Vorgänge und Prozesse, besonders mit Hülfe der chemischen Analyse. Infolgedessen wurden auf allen deutschen Eisenhütten- und Stahlwerken Laboratorien eingerichtet, die eine segensreiche Thätigkeit entfalteten, nicht nur für die einzelnen Werke, sondern für Deutschland und die Wissenschaft.

Auch die Vereinsthätigkeit ist ein wichtiges Förderungsmittel der deutschen Industrie gewesen. 1870 wurde der Verein deutscher Eisengiefsereien gegründet, dessen erster Schriftführer Paul Stumpf zu Gravenhorst war, ihm folgte E. Scheerenberg in Elberfeld. 1880 trennte sich der Verein deutscher Eisenhüttenleute als selbständiger Verein von dem Verein deutscher Ingenieure und gründete als Vereinsorgan die wichtige Zeitschrift „Stahl und Eisen". Der erste Schriftführer war Bueck, ihm folgten Dr. W. Bäumer und Schrödter. Dieser Verein verfolgte mehr allgemeine und wissenschaftliche Zwecke, während sich der Verein deutscher Eisen- und Stahlindustrieller als Interessenverein aus demselben entwickelte. Im Kriegsjahre 1870 wurde die technische Hochschule in Aachen eröffnet, die auf die Forderung der Eisenindustriellen von Rheinland und Westfalen hin einen besonderen Lehrstuhl für Eisenhüttenkunde erhielt, der durch Dr. Friedr. Wilh. Dürre besetzt wurde.

Wir wollen nun kurz die wichtigsten Ereignisse und Fortschritte der deutschen Hochofenindustrie in der Zeit von 1870 bis 1880 vorführen.

Die preufsische Regierung hatte sich schon Ende der sechziger Jahre des gröfsten Teiles ihrer staatlichen Eisenhütten entledigt, 1871 verkaufte sie die Königshütte in Oberschlesien an ein Konsortium, das auch die Laurahütte mit ihren wichtigen Kohlenbergwerken erwarb und vom 1. Juli 1871 die Aktiengesellschaft „Vereinigte Königs- und Laurahütte" in Berlin gründete. Der preufsische Staat behielt in Schlesien nur die Eisenhütten zu Gleiwitz und Malapane, am Harz Rothehütte, Lerbacher- und Sollingerhütte. Die Rothehütte ging 1871 vom Holzkohlen- zum Koksbetriebe über. In Luxemburg wurde 1870 nur der kleinere Teil der geförderten Erze (36,3 Prozent) im Lande verhüttet, der gröfsere Teil wurde ausgeführt und zwar 38,4 Prozent nach Belgien und 25,3 Prozent nach Preufsen. Die Roheisenproduktion von Luxemburg betrug damals nur

158000 Tonnen, doch fing man an, gröſsere Hochöfen zu bauen. Oberschlesien war gegen Rheinland und Westfalen zurückgeblieben, woran seine armen Erze und sein schlechter Koks schuld waren. Die Erze waren mulmig, strengflüssig und nur für graues Roheisen geeignet; dieses enthielt 3 bis 4 Prozent Silicium und 0,2 bis 0,5 Prozent Phosphor und war zur Fluſseisenerzeugung nicht verwendbar. Es wurde in Puddelöfen auf Schweiſseisen verarbeitet und hierfür zum Teil noch vorher gefeint. Auf 100 Roheisen wurden 150 bis 160 Backkoks oder 200 Sinterkoks verbraucht. Man konnte meist nur Stückkohlen verkoken. Der gröſste Hochofen in Gleiwitz war damals 13,7 m hoch, 5,24 m im Kohlensack und 4 m in der Gicht weit, hatte geschlossene Brust und acht Formen und schmolz 250 Tonnen in der Woche. Im Herbst 1871 begann man mit dem Bau eines groſsen Hochofens auf der Königshütte.

Friedrich Krupp in Essen erwarb 1871 die Hermannshütte bei Neuwied zur Erzeugung von manganreichem Roheisen und 1872 die Johanneshütte bei Duisburg zum Verschmelzen spanischer Erze zu Bessemerroheisen. Auf der Mühlhofenerhütte wurde 1871 ein pneumatischer Aufzug erbaut. Die Georg-Marienhütte bei Osnabrück blies ebenfalls Bessemerroheisen, und man hatte dort 1872 eiserne Winderhitzer mit Hängeröhren von Burg. Hängeröhren-Winderhitzer führte Hupfeld 1872 auch im Siegerland ein. In Hörde baute man dagegen steinerne Whitwellapparate. Die Hochofenschlacken wurden auf der Georg-Marienhütte zu Schlackensteinen und zu Schlackenwolle verarbeitet. 1872 entstand die Dortmunder Union durch Vereinigung einer gröſseren Anzahl Berg- und Hüttenwerke, darunter die Hochofenanlagen zu Dortmund, Henrichshütte bei Hattingen, Neu-Schottland bei Duisburg. In diesem Jahre wurden auch die gräflich Einsiedelschen Werke Lauchhammer, Gröditz und Burghammer in ein Aktienunternehmen umgewandelt. 1873 erregte, wie bereits erwähnt, Bütgenbachs Hochofen mit dünner Schachtwand auf der Wiener Weltausstellung Aufsehen. Ähnliche Öfen waren aber bereits auf der Ilseder, Georg-Marien- und Königshütte erbaut worden. Die Eisenindustrie in Lothringen und Luxemburg entwickelte sich immer rascher. Zu Esch in Luxemburg erzielte man mit Whitwell-Winderhitzern gute Erfolge und eine hohe Tagesproduktion. Zu Ilseder Hütte hatten die Hochöfen 216 cbm Inhalt, und man erblies durchschnittlich bei 300° C. Windtemperatur und 0,265 kg pro Quadratcentimeter Pressung aus 234,5 Tonnen Erz und 94,25 Tonnen Koks 85,3 Tonnen Roheisen; doch war schon 1872 eine Höchstproduktion von 101,9 Tonnen erzielt

Digitized by Google

worden. Die Hochöfen von Rheinland und Westfalen ergaben eine Tagesproduktion von 35 bis 45 Tonnen, die von Oberschlesien von 20 bis 30 Tonnen. Vergleichungsweise hatte sich die oberschlesische Hüttenindustrie ganz besonders entwickelt und zwar durch eine bessere Ausnutzung der Gichtgase und Vergröſserung der Hochöfen und der Windmengen. Hierdurch war die Roheisenerzeugung von Oberschlesien im Jahre 1873 auf rund 300000 Tonnen gestiegen. Im Siegerland hatte die Erzeugung von Spiegeleisen für die Bessemerstahlfabrikation sehr zugenommen. 1872 bis 1874 wurde das Eisenwerk Schalke bei Gelsenkirchen nach den Plänen von Gödecke und mit von demselben verbesserten Whitwell-Apparaten erbaut.

1874 wurde am 29. Mai zu Hörde der Hochofen Nr. IV nach einer 19jährigen Kampagne ausgeblasen. In diesem Jahre wurde auch auf der Vorwärtshütte bei Waldenburg Bessemerroheisen erzeugt. Eine verfehlte Gründung war die Gesellschaft Hof-Pilsen-Schwarzenberg, die alte Holzkohlenöfen zu Kokshochöfen umbaute.

1875 fallierte Strousberg, der tollkühne Eisenbahnspekulant, der zahlreiche Eisenwerke in Deutschland und Österreich aufgekauft und teilweise umgebaut hatte. Am 19. Juli 1875 starb der um die Eisenindustrie verdiente Professor Theodor Scheerer (geboren 28. August 1813).

Buderus führte auf der Main-Weserhütte bei Lollar einen neuen Gichtgasfang, der ein besseres Aufgeben und Verteilen der Erze ermöglichte, ein. Die Hochöfen in Luxemburg waren damals meistens nur 15 m hoch und 5 m in der Rast weit, mit einem Fassungsraume von 152 Ctr. Ihre Tagesproduktion betrug an 47 Tonnen, der Koksverbrauch $\frac{1191}{1000}$ bei 180° C. Durch steinerne Winderhitzer (Whitwell) erzielte man Windtemperaturen von 700 bis 800° C. und dadurch Kohlenersparnis zu Esch in Luxemburg und zu Hayingen in Lothringen.

1876 fabrizierte man auf der Laurahütte in Oberschlesien Schlackenwolle. 1877 bemühten sich Gödecke, Lürmann und Macco um die Verbesserung der steinernen Winderhitzer und um deren Einführung. In Ilsede erreichte Strohmeyer eine teilweise Entphosphorung der Eisenerze durch Behandlung mit verdünnter Salzsäure. Er brachte dadurch den Phosphorsäuregehalt der Erze von 4 auf $\frac{1}{2}$ Prozent. Friedr. Krupp entphosphorte das Roheisen durch Behandlung auf einem Herde aus Eisenoxyd unter Zusatz von Manganoxyd (D. R. P. Nr. 4391). In demselben Jahre stellten die

Eisenwerke Phönix und Oberhausen zuerst Ferromangan im Hochofen dar. Ein nachgesuchtes Patent hierfür war verweigert worden, weil E. Andre kurz zuvor für dasselbe Verfahren ein Patent nachgesucht hatte.

1879 wurden die günstigen Ergebnisse mit dem von Gilchrist Thomas erfundenen Entphosphorungsprozefs auf der Estonhütte bei Middlesborough bekannt. Die Eisenindustriellen von Rheinland und Westfalen begriffen sofort den hohen Wert dieser Erfindung für Deutschland, dessen Eisenerze gröfstenteils phosphorhaltig waren. Der Hörder Verein und die Niederrheinischen Stahlwerke traten mit Thomas in Verbindung und sicherten sich dessen Patentrechte für Deutschland. Im September 1879 wurde bereits die erste Thomascharge in Hörde erblasen. Das neue Verfahren kam bald auf anderen Werken zur Einführung. Dieses Ereignis hatte einen grofsen Einflufs auf den Hochofenbetrieb in Deutschland und die Roheisenproduktion erfuhr von 1879 an eine rasche Steigerung. Hilgenstock in Hörde wies auf die Vorteile bei der Erzeugung von Thomas-Roheisen für Deutschland hin und bezeichnete sie als den einfachsten und billigsten Hochofenbetrieb, und Baare in Bochum hob die Notwendigkeit der Einführung des Thomasprozesses hervor, um der Gefahr, die durch die Massenfabrikation Clevelands drohte, zu begegnen. Durch diese Erfindung erhielten die phosphorreichen Erze und das Roheisen, besonders von Luxemburg, Lothringen und der Ilseder Hütte, einen viel höheren Wert und gröfseren Absatz. Ein Vorteil bestand auch darin, dafs man weifses Roheisen, das schon an und für sich billiger darzustellen war, bei dem Thomasverfahren verwenden konnte.

Von Wichtigkeit war es, dafs im Jahre 1879 die neue Wirtschaftspolitik Deutschlands mit der Wiedereinführung der Eisenzölle, besonders eines Zolles auf ausländisches Roheisen begann. Mit diesem Ereignis und der Einführung des Thomasprozesses steht die Gründung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute in unmittelbarem Zusammenhange.

Die Fortschritte bei der Verarbeitung des Roheisens in den siebziger Jahren waren sehr bedeutend. Bei der Eisengiefserei fanden Formmaschinen zunehmende Verwendung, besonders die von Sebold und Neff in Durlach, doch waren dies meistens Handmaschinen. Ebenso fanden die Kapselgebläse der Amerikaner Roots (Rootsgebläse) gröfsere Verbreitung. Sie wurden z. B. von Schenk, Mohr & Elsässer in Mannheim gebaut. 1879 erfand Heinrich Krigar

Digitized by Google

in Hannover ein verbessertes Kapselgebläse unter dem Namen Patentschraubengebläse (D. R. P. Nr. 4121). 1871 war ein ebenfalls von Heinrich Krigar erfundener Kupolofen mit Vorherd in der Gießerei der Egestorffschen Maschinenfabrik eingeführt worden, der sich sehr bewährte und große Verbreitung fand. So arbeitete z. B. schon 1873 die Röhrengießerei der Friedrich-Wilhelmshütte zu Mülheim a. d. Ruhr mit Krigaröfen. 1874 wurde auf der früher gräflich Einsiedelschen Gießerei zu Gröditz ein Kupolofen mit Wasserkühlung eingeführt. A. Ledebur, später Professor der Eisenhüttenkunde an der Bergakademie zu Freiberg, war damals dort Hüttenmeister.

Die 1877 begonnene vergleichende Untersuchung der Gießereiroheisen von Wachler, welche 1879 im Druck erschienen, war, wie bereits erwähnt, von großem Einfluß auf den deutschen Gießereibetrieb.

Viele der großen Eisengießereien und Maschinenfabriken wurden im Anfang der siebziger Jahre in Aktiengesellschaften umgewandelt, so 1870: J. C. Freund & Co. zu Charlottenburg, L. Schwarzkopff in Berlin, T. A. Egells in Berlin, die in der Maschinenbau-Aktiengesellschaft Germania, welche später die Germaniawerft bei Kiel erbaute, aufging; Richard Hartmann in Chemnitz wurde in die „Sächsische Maschinenfabrik, A.-G.“; 1871 Georg Egestorff in Linden in die „Hannoversche Maschinenbau-A.-G.“; 1872 Lauchhammer in „Verein vorm. Gräfl. Einsiedelsche Werke“ und 1873 Cramer-Klett zu Nürnberg in „Maschinenbau-Aktiengesellschaft Nürnberg“ umgewandelt. Von neugegründeten Gießereien sind hervorzuheben: Gebr. Körting zu Körtingsdorf bei Hannover 1871 und Haniel & Lueg zu Grafenberg bei Düsseldorf 1873.

Bei der Verwandlung des Roheisens in schmiedbares Eisen und in Stahl behauptete sich der Puddelofenprozeß noch siegreich gegen die Flußeisenfabrikation. Es betrug die Erzeugung der Schweißeisen- und der Flußeisenfabrikation:

	Schweißeisen	Flußeisen
1871	1 179 794 Tonnen	250 947 Tonnen
1879	1 150 023 „	478 344 „

Die Fabrikation von Schweißeisen hielt sich noch auf demselben Stande, während die Flußeisenerzeugung rasch zunahm. Eine bedeutende Abnahme erfuhr die Verwendung des Schweißeisens für Eisenbahnschienen, während sie für Handelseisen zunahm. Eisenbahnschienen und Befestigungsmaterial wurden hergestellt aus:

Digitized by Google

	Schweifseisen	Flufseisen
1871	320 619 Tonnen	128 406 Tonnen
1880	56 565 „	424 462 „

Der Puddelprozefs war in den siebziger Jahren immer noch das beste Mittel zur Verarbeitung phosphorhaltiger Roheisensorten, doch durfte der Phosphorgehalt nicht zu hoch sein. Man wendete deshalb mancherlei besondere Mittel an, um denselben zu entfernen. In Oberschlesien wurde das graue Roheisen noch vielfach gefeint.

1871 führte Bicheroux seine Halbgasfeuerung auf seinem Walzwerke bei Duisburg ein, die sich sehr bewährte und in Rheinland und Westfalen rasche Verbreitung fand, z. B. auf den Werken des Phönix, zu Oberhausen, bei Harkort, Dortmunder Union, Burbach u. s. w.

1872 erfand Theodor Scheerer ein Entphosphorungsverfahren durch Puddeln unter Zusatz von Chlorkalium und Chlornatrium. Das phosphorhaltige Roheisen der Ilseder Hütte wurde durch Puddeln mit Flufsspat entphosphort. 1873 wurden Versuche mit rotierenden Puddelöfen gemacht. Rasmussen und Daelen brachten solche Öfen mit z. B. Eisenoxydfutter in Vorschlag. Gaspuddelöfen kamen in Anwendung zu Halle a. d. Saale mit Braunkohlengas. 1875 wurden rotierende Pernotöfen zu Kalk bei Deutz mit Erfolg versucht. Pernotöfen wendete auch Alfred Krigar 1878 bei seinem Entphosphorungsverfahren (Waschprozefs, D. R. P. Nr. 4391) an. Hierbei wurde flüssiges Roheisen direkt aus dem Hochofen in einen Pernotofen mit Eisenoxydfutter abgestochen und in diesem unter Zusatz von Manganoxyd entkieselt und teilweise entphosphort, sodann das flüssige Metall, ehe das Kochen eintrat, in einen Puddelofen oder einen Siemens-Martin-Ofen abgestochen und hier fertig gefrischt. Im übrigen hat der Betrieb rotierender Öfen in Deutschland keine Wichtigkeit erlangt. Brauns versuchte 1879 die Entphosphorung in einem Kupolofen mit basischem Futter. Auf Gutehoffnungshütte entphosphorte man 1879 das Roheisen so, dafs man es mit basischer, phosphorfreier Hochofenschlacke im Puddelofen verschmolz und dann frischte.

Bei der Flufseisenfabrikation fand der Martinprozefs nur langsam Eingang, weil sich das phosphorhaltige Roheisen für das damals allein bekannte saure Verfahren wenig eignete. 1869 hatte Friedrich Krupp in Essen den ersten Flammofen mit Siemens-Regenerativfeuerung in Betrieb genommen. 1871 setzte er sein grofses Martinwerk (I), das bereits für eine Jahresproduktion von 80 000 Tonnen konstruiert war, in Betrieb. Doch zählte man 1871 in

Digitized by Google

Deutschland nur 11 arbeitende Siemens-Martin-Öfen. In Rheinland und Westfalen hatte man 1873 auch zu Steele und Ruhrort gute Erfolge mit dem Martinverfahren erzielt. In Oberschlesien verpuddelte man auf Borsigwerk manganhaltiges Neubeuthener Roheisen und verschmolz die Rohschienen im Martinofen zu Stahlblecheisen. 1873 wurde die Bismarckhütte als Martinwerk gegründet. In Bochum machte man 1873 Stahlfaçongufs in der Weise, dafs man den flüssigen überhitzten Stahl aus Tiegeln oder einer Bessemerbirne in einen heifsen Siemensofen einführte, ihn hier längere Zeit ruhig stehen liefs und dann in Formen gofs.

Der Martinprozefs diente in den siebziger Jahren nur als ein geeignetes Mittel, die Eisen- und Stahlabfälle der Walzwerke zu verarbeiten, war also nur ein Nebenbetrieb. Für dieses Verfahren war die Verbesserung der Gasgeneratoren von Wichtigkeit; 1878 kamen die von Gröbe-Lürmann auf. Das theoretische Verständnis der Vorgänge wurde gefördert durch die analytischen Untersuchungen des Martinprozesses auf der Gutehoffnungshütte von Kollmann. Friedrich Krupp verband sein Entphosphorungsverfahren mit dem Martinprozefs und erzeugte ein weiches Flufseisen mit 0,15 bis 0,20 Prozent Kohlenstoff, das als Homogeneisen in den Handel kam. Die Erzeugung von Martinstahl belief sich 1879 auf nur 35820 Tonnen.

Von viel gröfserer Bedeutung war der pneumatische oder Konverterprozefs, der bis zum Herbst 1879 nur in seiner ursprünglichen Form als Bessemerprozefs mit kieselsaurem Birnenfutter bekannt war. In dem Zeitraume von 1871 bis 1879 stieg die Erzeugung von Bessemerstahl von 139 auf 465 Kilotonnen, obgleich die Vorbedingungen für den Bessemerprozefs in Deutschland ungünstig waren, weil es an phosphorfreien Erzen mangelte. Bis 1873 blieb man von der Einfuhr englischen Bessemerroheisens, des Cumberland-Hämatiteisens, abhängig, seitdem gelang es mehreren Hochofenhütten, teils aus einheimischen Erzen, teils aus spanischen Erzen Bessemerroheisen in Hochöfen zu erzeugen; zu ersteren gehörten Georg-Marien-Hütte bei Osnabrück, Königin-Marien-Hütte bei Zwickau und die bayerische Maxhütte, zu letzteren Hörde, Dortmunder Union, Gutehoffnungshütte, Phönix und Johannishütte bei Duisburg.

Das Bessemerroheisen, welches Hörde 1871 zum eigenen Gebrauch darstellte, war arm an Graphit und reich an Silicium und Mangan und verblies sich in der Birne rasch und heifs. Anfang der siebziger Jahre entstanden verschiedene neue Stahlwerke, so Stahlwerk Hösch bei Dortmund 1871/72, Hagener Gufsstahlwerke 1872, die aus der

Digitized by Google

Stahlhütte von Friedrich Huth & Co. hervorgingen. Der Konverterbetrieb wurde nach englischer Art mit Rückkohlung durch Spiegeleisen ausgeführt; nur die Königin-Marienhütte blies nach schwedischer Weise in einem Konverter mit steigender Pressung und Unterbrechung im richtigen Augenblicke der Gare, also ohne Rückkohlung. In dem von Gienanthschen Gufsstahlwerke Kaiserslautern verblies man 1872 in einer Birne 3 Tonnen in 10 bis 15 Minuten. Im ganzen gab es 1873 in Deutschland 18 Bessemerstahlhütten mit 70 Birnen (wovon Friedr. Krupp 18 besafs), hiervon waren etwa 60 in Betrieb. Die Tagesproduktion einer Birne betrug durchschnittlich 25 Tonnen, die Erzeugungsfähigkeit demnach 450 Kilotonnen; hierfür waren 500 bis 550 Kilotonnen Roheisen erforderlich. Da aber damals nur 125 bis höchstens 150 Kilotonnen Bessemerroheisen im Inlande dargestellt wurden, mufsten für den vollen Betrieb an 400 Kilotonnen aus dem Auslande bezogen werden. 1873 führte Pink zu Hörde den Gufs kleiner Blöcke in von ihm konstruierten Gruppenformen ein. Auf der Steinhäuser Hütte gofs man Stahlblöcke um einen Eisenkern und walzte daraus Eisenbahnschienen, die weniger leicht brechen sollten. Der Bessemerstahl wurde fast ausschliefslich zu Eisenbahnschienen verarbeitet. Hiervon stellte Friedrich Krupp in Essen 1872 50000 Tonnen fertig.

Trotz der ungünstigen Jahre nach der Krisis von 1873 nahm die Bessemerstahlerzeugung fortwährend zu, besonders seit 1876. 1874 fabrizierte man auf Königin-Marienhütte bei Zwickau und auf Maxhütte in Bayern einen phosphorhaltigen Stahl mit niedrigem Kohlengehalt, wobei der Phosphor einen Teil des Kohlenstoffs ersetzen sollte.

1875 kamen die von Holley in Amerika erfundenen Losböden in den deutschen Bessemerstahlwerken zur Einführung. In diesem Jahre machten in dem neuen Bessemerstahlwerke der Königshütte in Oberschlesien zwei Konverter für 90 bis 100 Centner Einsatz je 20 bis 24 Chargen. 1877 erfand K. von Liliencron seine gestampften Siebböden (D. R. P. Nr. 3472) für Konverter. 1878 stellte Friedrich C. G. Müller wichtige chemische Untersuchungen über den Verbrauch der Bessemerchargen zu Osnabrück und der in den Flufsstahlblöcken absorbirten und eingeschlossenen Gase an. Zur Herstellung weicherer Stahlsorten wendete man damals bereits Ferromangan zur Rückkohlung an. Im folgenden Jahre untersuchte Müller in gleicher Weise eine Charge zu Hörde.

1879 war das denkwürdige Jahr der Einführung des Thomasprozesses. Ein zweckmäfsiges Entphosphorungsverfahren war ein in Deutschland tief empfundenes Bedürfnis. Es war deshalb eine sehr

Digitized by Google

weise, wichtige und dankenswerte Maſsregel, daſs rheinisch-westfälische Eisenindustrielle, zuerst die niederrheinischen Stahlwerke zu Meiderich-Ruhrort und der Hörder Bergbau- und Hüttenverein, alsbald nachdem die günstigen Erfolge der Estonwerke in Cleveland bekannt geworden waren, mit dem Erfinder Gilchrist Thomas in Verbindung traten und das Recht der Anwendung des Verfahrens erwarben. Es geschah dies in der Weise, daſs diese beiden Werke gemeinschaftlich gewissermaſsen die Vertreter des Erfinders für Deutschland wurden, indem sie für ihn das deutsche Patent (am 10. April 1879, D. R. P. Nr. 12700) erwarben und die Benutzung desselben gegen bestimmte Abgaben anderen deutschen Hüttenwerken gestatteten. Diese bestanden in einmaliger Zahlung von 90000 Mark, wovon Thomas 60000, die Vertreter 30000 Mark erhielten; auſserdem in einer Abgabe von $2^1/_2$ Mark pro Tonne fertigen Stahls, wovon aber $1^1/_2$ Mark so lange nicht gezahlt wurden, bis der angesammelte Betrag die Anzahlungssumme erreicht hatte. Von dieser laufenden Abgabe erhielt Thomas $1^1/_2$ Mark, die Agenten 1 Mark pro Tonne. In einem Jahre nach Erwerbung der Licenz muſste das unternehmende Werk gebaut und betriebsfähig sein. Die erste Thomas-Charge wurde auf den Rheinischen Stahlwerken am 22. September 1879 erblasen. Um die Einführung des Thomasprozesses und die Erwerbung des Patentes für die Rheinischen Stahlwerke gebührt Gustav Pastor das Hauptverdienst. — An demselben Tage wurde auch zu Hörde die erste Thomascharge erblasen.

Professor Finkener unternahm bald danach seine analytische Untersuchung über den Verlauf des Thomasprozesses. In Hörde machte man die ersten Versuche mit Lothringer Roheisen mit 2,59 Prozent Phosphor. Man erhielt einen weichen Stahl mit 0,3 Prozent Phosphor. Zur Herstellung des Konverterfutters verwendete man einen Dolomit mit 2 Prozent Kieselsäure und $1^1/_2$ Prozent Thonerdegehalt. Der Zuschlagskalk wurde vorgewärmt. Ein Mangangehalt des Roheisens erwies sich als vorteilhafter. Die Dauer einer Charge betrug im Anfang 20 bis 45 Minuten. Um die Durchführung der Versuche und die Einführung des Verfahrens zu Hörde machten sich Massenez, Pink und Hilgenstock besonders verdient.

Dr. Otto in Dahlhausen gelang es, gute basische Ziegel für den Thomasprozeſs aus deutschem Material herzustellen.

Zu Anfang des Jahres 1880 arbeiteten zu Hörde vier, zu Ruhrort-Meiderich zwei und zu Kaiserslautern ein Konverter auf Thomasstahl. Das Hörder Fluſseisen enthielt 0,15 bis 0,05 Prozent Kohlen-

Digitized by Google

stoff; es besafs eine Zerreifsfestigkeit von 41 bis 42 kg pro Quadratmeter bei einer Kontraktion von fast 60 Prozent. Es eignete sich sehr gut für Stab- und Formeisen, für Bahnschwellen, Nieteisen, Schiffs- und Kesselbleche u. s. w. Auf den Rheinischen Stahlwerken zu Ruhrort-Meiderich bestand die Charge aus 3000 kg Ilseder Roheisen, was durch seinen hohen Phosphor- und Mangangehalt ganz besonders geeignet war, aus 1000 kg Luxemburger und 500 kg Siegener, diese drei Sorten waren weifs, und aus 1500 kg grauem Cleveland-Roheisen. Der Roheiseneinsatz enthielt 1 bis 1¼ Prozent Silicium, 1 bis 1¼ Prozent Mangan und 1,2 bis 2 Prozent Phosphor; das Produkt 0,25 bis 0,30 Prozent Kohlenstoff, 0,06 bis 0,09 Prozent Phosphor und 0,03 Prozent Mangan. Der Kalkzuschlag betrug 18 Prozent, der Spiegeleisenzusatz am Ende des Prozesses zur Nachkohlung 7 Prozent. Das Hauptblasen dauerte 15 Minuten, dann wurde die Flamme kurz, das Nachblasen beanspruchte 5 Minuten. Vor dem Ausgiefsen wurde noch ½ Prozent Ferromangan eingeworfen. Die ganze Charge erforderte 50 Minuten.

Das Verständnis des Thomasprozesses wurde wesentlich gefördert durch Vorträge von J. Massenez im technischen Verein für Eisenhüttenkunde und von Massenez und Pink bei dem Meeting des Iron and Steel Institute in Düsseldorf gelegentlich der dortigen Industrie-Ausstellung, auf der die Fortschritte der Eisenindustrie von Rheinland und Westfalen vorzüglich vorgeführt wurden. Infolge des gröfseren Abbrandes und der höheren Kosten des basischen Futters und seiner Instandhaltung waren die Kosten des Thomasverfahrens in Hörde um 9,18 Mark, auf den Rheinischen Stahlwerken bei Ruhrort um 7 Mark höher als beim Bessemerprozefs. Dies wurde aber reichlich ausgeglichen durch den billigeren Preis des weifsen phosphorhaltigen Roheisens. Damals kostete Bessemer-Hämatiteisen in Dortmund 70 bis 90 Mark pro Tonne, während Thomasroheisen für 46 Mark zu kaufen war. Hieraus läfst sich ermessen, um wie viel billiger Thomasflufsstahl herzustellen war. Nach Massenez wurde in Hörde erst stark gebrannter, kieselsäurefreier Kalk mit einer grofsen Menge von Grufskohle und Koks in die vorgewärmte Birne gebracht, dieser Zuschlag durch schwaches Blasen bis zur Rotglut erhitzt und dann das flüssige Roheisen eingeführt und unter Aufrichtung der Birne mit dem Hauptblasen begonnen. Das Roheisen hatte bis zu ½ Prozent Silicium, 2½ Prozent Kohlenstoff und über 2 Prozent Phosphor. Die Verbrennung des Siliciums verlief rasch und bald kam das Kohlenspektrum zur Erscheinung. Trotz

Digitized by Google

des nicht hohen Siliciumgehaltes ging die Charge heifs, indem auch schon ein Teil des Phosphors verbrannte. Sobald die Kohlenstofflinien verschwanden und die Flamme nachliefs, begann das Nachblasen zum Zweck der Entphosphorung. Die Dauer des Nachblasens hing von dem Phosphorgehalte ab und betrug 1 bis 4 Minuten, das Hauptblasen in Hörde 8 bis 11 Minuten. Während des Nachblasens wurden gewöhnlich zwei Schöpfproben genommen und ausgeschmiedet. Aus dem Bruch wurde auf den Grad der Entphosphorung geschlossen. Zu dem überblasenen Produkte wurde dann Spiegeleisen und Ferromangan zugesetzt, um die gewünschte Kohlung zu bewirken. Mit der Rückkohlung und dem Probenehmen dauerte die Charge 30 Minuten. Der Abbrand betrug 10 bis 11 Prozent. Ein Futter hielt über 100, ein Boden nicht über 17 Chargen aus. Die basischen Ziegel wurden teils in Hörde angefertigt, teils von Otto & Co. oder von Vygen in Duisburg bezogen.

Seit 1880 wurde das Thomasflufseisen mit Erfolg zu Eisenbahnschienen verarbeitet, zuerst von dem Niederrheinischen Stahlwerke.

Hörde und der Bochumer Verein machten auch ein härteres Produkt mit 0,4 bis 0,2 Prozent Kohlenstoff, das sich 7 bis 8 Mark billiger stellte als der entsprechende Bessemerstahl. Schon damals konnte man Flufseisenblöcke billiger herstellen als Puddelluppen. Letztere kamen bei demselben Roheisen um 6 Mark pro Tonne teurer.

Folgende Werke hatten aufser den bereits genannten im Jahre 1880 die Licenz für das Thomasverfahren erworben: Ars a. d. Mosel, Athus in Luxemburg, Burbach, Bochumer Verein, von Dieterich in Niederbronn, Dillingen, Dortmunder Union, Gutehoffnungshütte, Ilseder Hütte, Maximilianshütte in Bayern, Phönix in Ruhrort, Rote Erde bei Aachen, Stumm in Neunkirchen und de Wendel in Hayingen. Welche Wichtigkeit die Einführung des Thomasprozesses für Luxemburg hatte, erhellt daraus, dafs dessen Roheisenerzeugung 1875 bis 1880 von 1052 Kilotonnen auf 2148 Kilotonnen stieg. Im ganzen waren 1880 bereits 33 basische Konverter in Betrieb, die 626 Kilotonnen Thomasflufseisen erzeugten.

Inzwischen hatte auch die Tiegelflufsstahl-Fabrikation durch die Einführung der von Siemens erfundenen Tiegelschmelzöfen mit Regenerativfeuerung einen grofsen Aufschwung erfahren. An der Spitze marschierte Friedrich Krupp in Essen, dessen Leistungen unerreicht dastanden, wie er auf den Weltausstellungen zu Wien 1873 und zu Philadelphia 1876 bewies. In Wien stellte Krupp einen aus

1800 Tiegeln gegossenen Gufsstahlblock von $52^1/_2$ Tonnen Gewicht, der unter dem grofsen Dampfhammer „Fritz“ achteckig geschmiedet war, aus, ferner vielerlei Achsen, Radreifen, Kurbeln, Scheibenräder, Walzen, Kanonen, Lafetten u. s. w. aus Gufsstahl. Die Produktion des Essener Werkes betrug 1872 über 125000 Tonnen, die Arbeiterzahl 10622. Krupps Produktion übertraf die des Bochumer Vereins für Bergbau- und Gufsstahl-Fabrikation, dem nächst bedeutendsten Gufsstahlwerke in Deutschland um das $2^1/_2$fache; seine Geschützausstellung in Philadelphia war grofsartig. Eine $35^1/_2$ cm-Kanone in Küstenlafette bildete das Hauptstück. Das Rohr war 8 m lang und wog 57,5 Tonnen. Eine gewaltige geschmiedete Schiffswelle mit drei Kurbeln und Kurbelscheibe für eine 2500pferdige Schiffsmaschine erregte Bewunderung. Ende der siebziger Jahre hatte die Bessemerstahl-Fabrikation in dem Kruppschen Werke sehr zu-, die Tiegelgufsstahl-Fabrikation dagegen abgenommen; 1879 lieferte erstere 115895 Tonnen, letztere 8603 Tonnen, während die Gesamtproduktion von Stahl-, Gufs- und Schmiedeeisen sich auf 153430 Tonnen belief.

Sehr mannigfaltig waren die Fortschritte der mechanischen Bearbeitung. Im allgemeinen baute man die Hämmer und Walzwerke stärker. 1872 führten Grillo, Funke & Co. zu Gelsenkirchen die Stevensonsche Friktionskupplung ein. 1873 liefs Krupp eine hydraulische Haswellpresse von 750 Tonnen aufstellen. Das von R. M. Daelen erfundene Bandagenwalzwerk bewährte sich 1874. Im Jahre 1876 baute Krupp zwei Vorwalzwerke, um die Bessermerstahlblöcke für Eisenbahnschienen unmittelbar vorzuwalzen. Es waren mit Hebetischen ausgerüstete Triowalzwerke, die durch Corlifsmaschinen von 550 Pferdestärken umgetrieben wurden. Desgleichen baute Hörde 1879 ein Trio zum Vorwalzen der Luppen. In diesem Jahre wurde Daelens Universal-Richtpresse und Roys Universal-Walzwerk für Feineisen patentiert. 1879 baute Helmholtz ein Walzwerk mit selbstthätiger Rückführung der Walzstücke. Seit 1876 war die Eisenproduktion gröfser als der Verbrauch, Deutschland also auf die Ausfuhr von Eisen angewiesen.

War die Entwickelung der deutschen Eisenindustrie in den siebziger Jahren schon eine erfreuliche gewesen, so gestaltete sie sich in dem folgenden Jahrzehnt noch viel grofsartiger. Die Roheisenproduktion stieg 1881 bis 1890 von 2914 auf 4658 Kilotonnen. Der Schutzzoll und der rasche Aufschwung der Thomasstahlerzeugung im Jahre 1887 waren die wichtigsten Ursachen dieser Zunahme.

Digitized by Google

In diesem Jahre wurde die Schweifseisenerzeugung von der Flufseisenerzeugung überholt. Erstere betrug 1881 1422 Kilotonnen, erreichte 1889 den höchsten Stand mit 1750 Kilotonnen, während sie 1890 auf 1559 Kilotonnen zurückging. Die Flufseisenerzeugung stieg von 1881 bis 1890 andauernd und zwar von 897 Kilotonnen auf 2232 Kilotonnen, also fast um das $2^1/_2$ fache. Seit 1891 nahm auch die deutsche Ausfuhr von Eisen- und Stahlerzeugnissen beträchtlich zu.

Da phosphorreiches Roheisen für den Thomasprozefs gesucht wurde, wuchs die Roheisenerzeugung des Minettegebietes, besonders Luxemburgs, rasch. Die Erzförderung hatte sich in den fünf Jahren von 1875 bis 1880 schon verdoppelt, indem sie von 1052 auf 2148 Kilotonnen gestiegen war. Die Gewinnung des braunen, roten und schwarzen Erzes fand hauptsächlich in den drei Bezirken Esch, Rümelingen und Belvaux und in La Madeleine statt. Der Phosphorgehalt des Thomasroheisens schwankte von $1^1/_4$ bis $2^1/_2$ Prozent.

Die Dillinger Hütte im Saargebiete zeichnete sich durch die Fabrikation von Compound-Panzerplatten aus.

Westfalen erzeugte 1881 647 490 Tonnen Roheisen, davon 1,6 Prozent für Giefserei, 42,7 Prozent für Flufsstahl, 51,7 Prozent für Schweifseisen und 6730 Tonnen Holzkohlenroheisen. Bei den Hochöfen waren die eisernen Winderhitzer noch vorherrschend, von steinernen hatten Hörde und Bochum Whitwellapparate, Schalke und Union Cowperapparate. Die Hochöfen hatten 250 bis 400 Centner Inhalt und eine Tagesproduktion von 45 bis 125 Tonnen. Von der Flufseisenerzeugung Deutschlands im Jahre 1881 von rund 900 Kilotonnen lieferte Westfalen 40 Prozent, davon $^8/_{10}$ aus Konvertern, $^1/_{10}$ aus Flammöfen und $^1/_{10}$ aus Tiegeln. Die älteren Bessemeranlagen, wie die des Bochumer Vereins, der Bochumer Stahlindustrie, von Hösch in Dortmund hatten kreisförmige Giefsgruben mit Kranenpfannen; die neueren Anlagen, wie die Thomashütte in Hörde, hatten die Konverter in einer Reihe, keine Giefsgruben, sondern eine fahrbare Gufspfanne auf einem Dampfwagen. Um die Einführung dieser amerikanischen Anordnung hatte sich R. M. Daelen Verdienste erworben. Nach diesem Systeme wurde auch 1881 das Thomaswerk der Ilseder Hütte bei Peine erbaut. Nur die Dortmunder Union schmiedete noch die Flufsstahlblöcke für Eisenbahnschienen; die anderen Werke blockten in Walzwerken vor. Flammofenflufsstahl schmolzen Hüstener Gewerkschaft, Asbeck, Osthaus, Eiken & Co. in Hagen, Annerer Gufsstahlfabrik, wo Asthöwer Bicherouxfeuerung eingeführt hatte, der Hörder Verein und

Union. Die Öfen faſsten 10 bis 15 Tonnen. Temperguſs wurde zu Hattingen hergestellt.

Am 6. März 1880 verschied im 85. Lebensjahre der ehrwürdige Fritz Harkort, ein echt deutscher Mann, der sich um die vaterländische Industrie hochverdient gemacht hat.

Am 29. Dezember 1881 starb C. Wintzer, dem die Georg-Marienhütte und das Osnabrücker Stahlwerk ihr rasches Emporblühen verdanken.

Für Schlesien fand 1881 in Breslau eine Industrieausstellung statt, auf der die groſsen Fortschritte der Eisenindustrie ersichtlich waren. Die königliche Hütte zu Gleiwitz, deren Karstenofen im achten Jahre in Betrieb war, führte besonders ihre gleichwandigen Guſsröhren, die nach dem neuen Verfahren ihres Hüttenverwesers Deppe hergestellt waren, vor. Auf der Vereinigten Königs- und Laurahütte waren damals vier Hochöfen und zwei Konverter in Betrieb, und es wurde daselbst aus manganhaltigen, phosphorarmen Erzen von Chorzow in Polen gutes Bessemerroheisen geschmolzen. Die Bismarckhütte bei Schwintochlowitz zeichnete sich durch Fein- und Bandeisen, Walzdraht und Bleche aus. Wilhelm Hegenscheid zu Gleiwitz, der 30 Jahre zuvor die Drahtfabrikation in Oberschlesien eingeführt hatte, stellte Draht aus, Kern & Co. zu Gleiwitz Draht und Bandeisen von der Herminenhütte bei Laband, Huldschinsky & Co., ebenfalls in Gleiwitz, geschweiſste Röhren, die Marienhütte bei Kotzenau gepreſste Blechplatten, Pielahütte, W. Fitzner und Laurahütte geschweiſste Blechwaren. Bemerkenswert war noch die Ausstellung vom Borsigwerke und von Baildonhütte bei Kattowitz. Junghan und Uelsmann hatten zu Königshütte ein basisches Futter aus mit Alkalien gebranntem Kalk und Dolomit erfunden.

In Bayern beutete die Maximilianshütte die Erzlager von Sulzbach-Amberg, in Thüringen die von Kamsdorf und Könitz aus, letztere wurden in dem Hochofen von Unterwellenborn teilweise auf Spiegeleisen, erstere auf der Hütte zu Rosenberg bei Sulzbach verschmolzen.

1881 wurde von dem Verein deutscher Eisenhüttenleute die Zeitschrift Stahl und Eisen und eine Fachschule für Eisenhüttenleute in Bochum, die 1882 eröffnet wurde, gegründet.

Über die technischen Fortschritte des deutschen Hochofenbetriebes von 1882 bis 1893 findet sich in dem Februarheft der Zeitschrift Stahl und Eisen ein Artikel von van Vlothen (Hörde), auf den wir verweisen. Danach war die Roheisenproduktion von 1882 bis 1893 um 47 Prozent gestiegen, die Zahl der Arbeiter nur um 5 Prozent, während sich

Digitized by Google

die Zahl der Hochöfen um 22 Prozent verringert hatte. Die Durchschnittsleistung eines Hochofens hatte von 12953 Tonnen auf 24441 Tonnen zugenommen. Die Hochöfen waren vergröfsert worden und zwar nach van Vlothen von 16 bis 18 m Höhe und 5 m Kohlensackweite auf 20 bis 22 m Höhe und 6 m Weite, so dafs der Inhalt der neueren Öfen 1893 400 cbm betrug; die Rast war steiler, der Rastwinkel von 67 bis 70° auf 72 bis 76° erhöht. Das Gestell wurde erweitert und zwar im Durchschnitt von 2 m auf 3 m. Der Schacht wurde freistehend gemacht und mit eisernen Bändern gebunden, während Gicht und Gasfang von schmiedeeisernen Säulen getragen wurden. Die feuerfesten Steine für die Hochofenwände wurden ausschliefslich im Inlande dargestellt; die Gröfse der Steine wurde verringert. Um das Wachsen des Schachtmauerwerkes zu ermöglichen, brachten Steffen und besonders Lürmann Stopfbüchsen zwischen Schacht und Gasfang an. Lürmann brachte 1886 freistehende, auswechselbare Hochofengestelle in Vorschlag. Auch um eine stärkere Verankerung des Gestelles hat sich Lürmann verdient gemacht, ebenso van Vlothen. Ferner wurde das Gestell kräftiger gekühlt und hierfür Bronzekühlkästen verwendet. Gufseiserne Panzer für das Gestell nach amerikanischem Vorbilde kamen ebenfalls zur Einführung. 1889 erfand Burgers in Gelsenkirchen künstliche Kohlensteine, aus Retortengraphit oder Koksmehl und Teer hergestellt, als Boden- und Gestellsteine. Sie bewährten sich und man verwendete sie auch zur Rastmauerung.

Der wichtigste Fortschritt war wohl die stärkere Winderhitzung, die durch die allgemeine Einführung steinerner Winderhitzer von 450° auf 700 bis 800° erhöht wurde; die Cowperapparate haben den Sieg davongetragen. Sie wurden von 20 m bis auf 25 m erhöht; an Stelle des kreisrunden Schachtes trat ein elliptischer oder ein aus zwei flachen Kreisbogen gebildeter. Lürmann in Osnabrück liefs sich 1887 einen verbesserten Cowperapparat patentieren (D. R. P. Nr. 42051 und 51360). Boecker zu Friedenshütte erzielte eine gleichmäfsigere Erhitzung dadurch, dafs er die Querschnitte der Kanäle nach der Aufsenseite zu weiter machte [1]). Für einen gröfseren Hochofen mufsten mindestens zwei Cowperapparate vorhanden sein und in den achtziger Jahren rechnete man einen weiteren dritten als Reserve. In den neunziger Jahren gab man jedem Hochofen drei Apparate und noch einen vierten als Reserve. Zur Absperrung der Gase und zur Ver-

---

[1]) Stahl und Eisen 1889, S. 920.

meidung des Rücktritts derselben in die Windleitung bewährten sich 1887 die Steffenschen Brillen. Während Gas und Luft meist aus übereinander liegenden Schlitzen in den Verbrennungsraum eintraten, ordnete Lürmann nebeneinander liegende Öffnungen hierfür an.

Hilgenstock führte zu Hörde offene wassergekühlte Formen an Stelle der geschlossenen ein. Bei den Gebläsemaschinen ging man zum Verbundsystem über. Die horizontalen Gebläsemaschinen wurden in Deutschland immer noch bevorzugt.

Nach dieser Aufzählung der Fortschritte der Hochofenindustrie in den achtziger Jahren im allgemeinen lassen wir chronologisch zur näheren Erläuterung wichtigere Beispiele folgen.

1882 erzeugte jeder der zwei neuerbauten Hochöfen zu Mühlheim a. d. Ruhr, welche mit fünf Whitwell-Winderhitzern versehen waren, 67 Tonnen in 24 Stunden. Die neuen Hochöfen zu Burbach und in Luxemburg waren 20 m hoch bei 6 m Rastweite. Die Dortmunder Union hatte Cowperapparate und bezog Eisenerze von Ostfreesen bei Harzburg.

1883 wurde die neue Hochofenanlage zu Amberg in der Oberpfalz nach den Plänen von Gödecke in Düsseldorf erbaut und mit den von Gödecke verbesserten Whitwell-Winderhitzern und v. Hoffschen Gasfängen ausgerüstet. Die Gebläsemaschinen waren von der Maschinenfabrik von Gebr. Klein zu Dahlbruch geliefert. Im Saargebiete, in Luxemburg und in Lothringen, wo man Minette schmolz, bezog man für das Thomasroheisen manganhaltige Erze aus Nassau und dem Grofsherzogtum Hessen als Zusatz. Die königlich preufsische Stahlhütte bei Elbingerode am Harz lieferte ein vorzügliches, mit Holzkohlen erblasenes halbiertes Roheisen, das Gruson zu Magdeburg für seinen vortrefflichen Hartgufs verwendete.

In Oberschlesien hatte der Karstenofen zu Gleiwitz in seiner 506. Blasewoche eine Million Centner Roheisen geliefert. Doch machte sich in Oberschlesien bei der gesteigerten Roheisenerzeugung der Mangel an eigenen Erzen immer fühlbarer. 1883 schmolzen 26 Hochöfen wöchentlich 275 bis 300 Tonnen. Die Zerreiblichkeit der Koks, die billige Beschaffenheit der Erze und ihr Zinkgehalt gestatteten nur eine geringe Ofenhöhe und mäfsige Windpressung. Man reicherte den armen Möller durch Magneteisenstein von Schmiedeberg und Schwefelkiesabbrände (purple on) an. Nach Einführung des Thomasprozesses stieg im Jahre 1884 die schlesische Roheisenproduktion beträchtlich. Von 47 Hochöfen standen 35 in Betrieb, die 409170 Tonnen (gegen 384161 Tonnen 1883), darunter

Digitized by Google

1160 Tonnen Holzkohlenroheisen erzeugten. Hierzu waren 944 979 Tonnen Brauneisenerz, 5179 Tonnen Brauneisenstein, 23 999 Tonnen Thoneisenstein, 9804 Tonnen Roteisenstein, 25 520 Tonnen Kiesabbrände, 39 438 Tonnen Magneteisenstein und 867 Tonnen Blackband, im ganzen 1 068 913 Tonnen Eisenerze verschmolzen worden. Aus dem Roheisen wurden 24 634 Tonnen Gufswaren, 257 040 Tonnen Walzeisen und 41 695 Tonnen Halbfabrikat hergestellt. Damals fing man an, die Einfuhr schwedischer Erze von Grängesberg und Gellivara, wofür Paul v. Schwarze lebhaft eintrat, in Erwägung zu ziehen. Ein wesentlicher Fortschritt für Oberschlesien war die Einführung steinerner Winderhitzer, nachdem man gelernt hatte, in den Apparaten von Macco und Schrader die Gichtgase von dem vielen Staube zu reinigen. Der Koksverbrauch im Hochofen betrug aber immer noch 1700 bis 2000 Tonnen auf 1000 Tonnen Roheisen. Erst seit 1879 war die nasse Aufbereitung der Steinkohlen eingeführt worden. Die Koksfabrikation war 1889 durch die Einführung der Wintzecköfen auf Friedenshütte zuerst verbessert worden. Man erreichte in diesen Öfen ein Ausbringen von 60 bis 65 Prozent. 1886 führte van Vlothen für die Hochöfen der Union in Dortmund einen verbesserten Düsenkopf[1]) ein. Am 17. September 1889 erhielt Dr. Otto zu Dahlhausen das Patent auf seine Regenerativ-Koksöfen (D. R. P. Nr. 50 982).

1890 folgten viele Mitglieder des Vereins deutscher Eisenhüttenleute einer Einladung nach den Vereinigten Staaten von Nordamerika, besonders zu einem Meeting der amerikanischen Eisenindustriellen in Pittsburg, wodurch die freundschaftlichen Beziehungen fester geknüpft und mancherlei neue Anregung gegeben wurde.

Zu Hörde, wo die Hochöfen von dem Stahlwerk fast 2 km entfernt waren, stach man das Eisen in fahrbare Pfannen ab, die von einer Lokomotive dem Konverter, beziehungsweise seit 1890 dem Mischer zugeführt wurden. Dieses Verfahren, das ein häufigeres Abstechen bedingte, fand auch auf anderen Werken Anwendung.

Um die Verwendung der Hochofenschlacken erwarb sich Lürmann in Osnabrück Verdienste, der 1890 auch die Schlacken-Cementfabrikation einführte.

Die Fortschritte der Eisengiefserei in den achtziger Jahren finden zunächst in der Zunahme der Erzeugung von Gufswaren II. Schmelzung ihren Ausdruck. Diese stieg in der Zeit von 1881 bis 1890 von 560 222 Tonnen auf 1 027 384 Tonnen; hiervon die Gufs-

---

[1]) Stahl und Eisen 1896, S. 833.

röhrenerzeugung von 72985 auf 154034 Tonnen. Der Gufs I. Schmelzung, unmittelbar aus dem Hochofen, erfuhr dagegen keine Zunahme. Anfang der achtziger Jahre kamen die verbesserten Kupolöfen von Ibrügger in Norden und von Krigar in Hannover und die von Jäger erfundenen Hochdruck-Rootsgebläse zur Einführung.

Von hoher Bedeutung waren die 1887 von Bergrat Jüngst zu Gleiwitz im Auftrage des Vereins deutscher Eisengiefsereien begonnenen Schmelzversuche mit Siliciumeisen.

1890 kam der Dampfstrahl-Schmelzofen von Herbertz in Köln zur Anwendung. Zahlreich waren die Verbesserungen der Formmaschinen in diesem Zeitraum, vorzüglich die Leistungen von Gruson in Buckau bei Magdeburg in Hartgufs, besonders für die Schumannschen Panzertürme. Neben schwedischem Roheisen verwendete Gruson (1883) besonders Roheisen vom Harz, von Schmalkalden und von der Lahn (Gebrüder Buderus).

Die Schweifseisenerzeugung wurde zwar von der Flufseisenerzeugung überflügelt, erfuhr aber doch noch eine Zunahme, indem sie von 1349019 Tonnen im Jahre 1881 auf 1486658 Tonnen im Jahre 1890 stieg. Der Höchststand der Schweifseisenerzeugung in Deutschland fiel in das Jahr 1889 mit 1673449 Tonnen. Technische Fortschritte sind besonders bei den Feuerungen und dem Bau der Puddelöfen hervorzuheben. Die Maxhütte in Bayern hatte 1884 zuerst eine gröfsere Anlage von Springeröfen mit zwei feststehenden Herden und Wendeflamme in Betrieb; gute Erfolge erzielte man 1889 mit diesen Öfen auf der Königin-Marien-Hütte in Sachsen[1]. 1887 wurden auf dem zur Friedenshütte gehörigen Walzwerk zu Zawadski acht Pietzka-Drehpuddelöfen erbaut.

Viel mannigfaltiger noch waren die Verbesserungen bei der Flufseisenfabrikation, besonders bei dem Thomasprozefs, dem sich das Interesse der Eisentechniker vornehmlich zuwendete, und der auch das Bessemerverfahren mit saurem Futter rasch zurückdrängte. Leider ist die Statistik der Flufseisensorten in den achtziger Jahren zu ungenau, um sichere Angaben über die Erzeugung von Bessemer-, Thomas- und Martinstahl machen zu können. Am besten sind wir noch über die Menge des Thomaseisens, worüber Thomas und Gilchrist Angaben veröffentlicht haben, unterrichtet. Die deutsche Statistik fafste die Flufseisenerzeugung in dieser Zeit im ganzen

---

[1]) Stahl und Eisen 1890, S. 937.

Digitized by Google

zusammen. Die Thomasstahlerzeugung betrug 1880 nur 18 Kilotonnen, 1881 schon 200 Kilotonnen und 1890 1493 Kilotonnen.

1880 betrug die Erzeugung von Bessemerstahl in Deutschland noch 686 Kilotonnen, während nur 18 Kilotonnen Thomas- und 36 Tonnen Martinstahl, im ganzen 740 Kilotonnen Flufsstahl erzeugt wurden. 1886 betrug dagegen die Bessemerstahlerzeugung 374 Kilotonnen, die von Thomasstahl 784 und die von Martinstahl 178 Kilotonnen, zusammen 1336 Kilotonnen. 1890 wurden 1493 Kilotonnen Thomasstahl und 739 Kilotonnen Bessemer- und Martinstahl, im ganzen 2232 Kilotonnen Flufsstahl erzeugt.

Die Thomasbirnen fafsten 7 bis 10 Tonnen, hatten mit der Hand gestampfte Düsenböden, die meist als Durchziehböden ausgebildet waren, so dafs sie einfach nach Entfernung des Windkastenverschlusses abgenommen werden konnten.

In chronologischer Folge sind seit 1881 folgende Ereignisse bemerkenswert.

Der Hörder Bergbau- und Hüttenverein hatte 1880 bis 1882 ein neues Bessemerstahlwerk für basischen Betrieb erbaut und das alte Werk niedergelegt. Die Thomasanlage „Peiner Walzwerk“ kam vom November 1882 an in regelmäfsigen Betrieb. Bei beiden Anlagen waren die Birnen nicht kreisförmig um Gruben, sondern in einer Linie und in paralleler Stellung angeordnet. In Peine wurde der Dolomit für die Futter, der in der Nähe gebrochen wurde, in Kupolöfen gebrannt, gemahlen, mit Teer gemischt und eingestampft. Man verarbeitete nur eigenes Roheisen von der Ilseder Hütte, das 2,5 bis 3 Prozent Phosphor und 2,5 bis 3 Prozent Mangan enthielt. Nach dem Umschmelzen in grofsen Kupolöfen enthielt das Eisen 0,7 bis 1,2 Prozent Mangan und 2,6 bis 3,2 Prozent Phosphor. Das Blasen einer Charge dauerte nur 12 bis 15 Minuten. Während des Schlackenabgiefsens wurde Probe genommen und die Rückkohlung erfolgte dann durch Einwerfen von etwa 12 Prozent rotwarmem Ferromangan von 54 bis 60 Prozent Mangangehalt.

Helmholtz in Bochum gelang es 1882, durch Zusatz von Flufsspat das Nachblasen zu vermeiden, doch erwies sich dies als unökonomisch. Das Eisenwerk Rote Erde, das 1882 noch 38 Puddel-, 12 Schweifs- und 8 Schmelzöfen in Betrieb hatte, arbeitete mit drei basischen Konvertern. Alfred Trappen, Direktor der Märkischen Maschinenbauanstalt, vormals Kamp, in Wetter, baute besonders gute Maschinen für Bessemerwerke.

Von grofsem Vorteil für die Thomaswerke war die Verwendung

ihrer Schlacken in der Landwirtschaft als Düngemittel. Anfangs wurden die Schlacken durch Salzsäure aufgeschlossen und die Phosphorsäure nach einem Verfahren von Scheibler löslich gemacht. 1884 gründete hierauf die Gesellschaft Fertilitas zwei grofse Werke, eins zu Stollberg bei Aachen und eins zu Schalke in Westfalen. 1885 begann G. Hoyermann zu Hoheneggelsen, die Thomasschlacke des Peiner Walzwerks in feingemahlenem Zustande zu verwenden und in den Handel zu bringen. Sie bewährte sich als gutes Düngemittel zunächst für den Moorboden der norddeutschen Tiefebene, fand aber bald allgemeine Anwendung in der Landwirtschaft.

1884 wurde ein basisches Bessemerwerk mit drei Birnen von der Gesellschaft Phönix zu Laar bei Ruhrort erbaut. In demselben Jahre führte das Eisenwerk Rasselstein das Thomasieren im Clapp-Griffith-Konverter für seine Weifsblechfabrikation ein. Die Birne hatte sechs horizontale Winddüsen von 3 cm Weite 16 cm über dem Boden. Die Düsen waren durch Klappen verschliefsbar. Der Einsatz betrug 1,8 Tonnen, das Gebläse blieb bis nach dem Abstich in Thätigkeit.

1885 erfand Bruno Versen in Dortmund einen mechanischen Stampfer für die Herstellung der Birnenfutter, den er 1891 noch verbesserte. — Die aus Thomaseisen von Peine hergestellten Bleche wurden an Güte dem Lowmoorblech gleichgeschätzt.

1886 veröffentlichte Hilgenstock in Hörde wichtige Untersuchungen über den Verlauf des Thomasprozesses.

Thomasflufseisen fand auch im Brückenbau immer mehr Verwendung; G. Mertens baute die Fortonbrücke aus diesem Material.

1887 hatte die Erzeugung von Thomasflufseisen besonders in Rheinland und Westfalen einen grofsen Umfang angenommen: Rote Erde erzeugte in drei 10- bis 12-Tonnen-Konvertern 100000 Tonnen. Hösch in Dortmund 80000 Tonnen, Hörde und Dortmunder Union je 85000 Tonnen. Die Rheinischen Stahlwerke arbeiteten mit zwei Thomas-, zwei Bessemerbirnen und vier Siemens-Martinöfen; Phönix mit drei Thomas-, zwei Bessemerbirnen und zwei Siemens-Martinöfen. Peine hatte eine Jahreserzeugung von 70000 Tonnen Thomasflufseisen.

1888 wurde die Rückkohlung des Eisens mittels Filtrieren durch eine Schicht Kohlen nach Darbys Erfindung von der Gesellschaft Phönix, deren Direktor Thielen am 28. September das Patent für Deutschland (D. R. P. Nr. 47215) erwirkt hatte, eingeführt. Thielen verbesserte das Verfahren in den folgenden Jahren noch weiter (D. R. P. Nr. 51353, 51963, 53784).

Digitized by Google

Das 1889 in Betrieb gesetzte neue Walzwerk von Hösch in Dortmund machte in drei Thomaskonvertern 15000 Tonnen Flufseisen im Jahr. Man gofs jedesmal 16 flache Blöcke für Blechplatten auf einmal, die durch drei hintereinander liegende Walzenpaare automatisch geführt und zu Blech gewalzt wurden.

1889 führte Johann Meyer in Düdelingen ein abgeändertes Rückkohlungsverfahren mit Kohlen ein (D. R. P. Nr. 17613, 74819).

Wichtig war die Einführung des Mischers durch den Hörder Bergwerks- und Hüttenverein, welcher 1889 von Carnegie, Brothers & Co. in Pittsburg das Patent für den Mischer von Jones für Deutschland erworben hatte. Derselbe Verein erhielt 1890 für ein von G. Hilgenstock und Massenez ausgearbeitetes Entschweflungsverfahren mittels Manganzusatz im Mischer ein Patent, das mit dem ersterwähnten Patent kombiniert und verwertet wurde.

Die Erzeugung von Flammofenflufseisen nahm in den achtziger Jahren ebenfalls zu, doch nicht in dem Mafse, wie die des Birnenflufseisens. Eine zuverlässige Statistik fehlt leider. Der wichtigste Fortschritt bestand darin, dafs man auch bei diesem Prozefs den Herd basisch machte. Mit basischem Futter erzielte man ein vorzügliches weiches Produkt, das in vieler Beziehung dem Puddeleisen überlegen war. Das Verfahren blieb das alte Martinsche, wobei man dem eingeschmolzenen Roheisen Eisen- und Stahlabfälle zusetzte. Der Erzprozefs fand in Deutschland keinen Eingang. Erz und Hammerschlag gab man nur in kleinen Mengen als entkohlenden Zuschlag zu Ende des Prozesses auf.

1881 wurden in Deutschland rund 900000 Tonnen Flufseisen erzeugt, davon 40 Prozent in Westfalen, von diesen vier Fünftel im Konverter, ein Fünftel in Flammöfen und Tiegeln. Die Flammofenflufsstahlerzeugung Westfalens dürfte damals höchstens 60000 Tonnen betragen haben. Die gröfseren westfälischen Werke mit Herdstahlöfen wurden oben bereits erwähnt; diese Öfen hatten 10 bis 15 Tonnen Einsatz. Aufser diesen hatten Gildemeister & Kamp in Dortmund-Witten und Boenhoff in Hörde kleinere Martinöfen mit direkt unter dem Ofen liegenden Generatoren.

Zu Ruhrort und Hörde wurde 1882 das Verfahren von Harmet: Vorfrischen im Konverter und Fertigmachen im Flammofen versucht. In diesem Jahre erbaute das Oberbilker Stahlwerk zwei Siemens-Martin-Öfen.

1884 nahm Friedrich Siemens ein Patent auf ein Methode, Flufseisen im Flammofen direkt aus den Erzen zu schmelzen.

Digitized by Google

1887 erzeugte Krupp bereits 50000 Tonnen Flufsstahl in seinem Siemens-Martinwerk. Die Rheinischen Stahlwerke betrieben vier, Phönix zwei Stahl-Flammöfen. Diese Öfen hatten meist basische Herde aus Teerdolomit und hochliegende Gewölbe zur freien Flammenentfaltung nach dem Prinzip Fr. Siemens. Man machte nur drei bis vier Schmelzungen in 24 Stunden und nahm öfter Proben. Im Flammofen liefsen sich Zusätze wie Spiegeleisen, Ferromangan u. s. w. leichter zusetzen und verteilen als im Konverter.

1890 hatte man in Hörde bereits neun Siemens-Martinöfen für 15 Tonnen Einsatz. Die Heizung geschah durch Wassergas. Die neuen Öfen hielten 300 bis 350 Hitzen aus, die alten 7-Tonnen-Öfen nur 180 bis 250. Der Roheisensatz betrug 20 bis 25 Prozent.

Von hervorragender Wichtigkeit waren die Fortschritte des Hüttenmaschinenwesens und der Qualität der Erzeugnisse. Chemie und Physik arbeiteten Hand in Hand mit der Praxis und führten zu Ergebnissen, die der deutschen Eisenindustrie zum Vorteil und zur Ehre gereichten. Abgesehen von den vorzüglichen Universitäten und technischen Hochschulen wirkten auch die Vereine, besonders der Verein deutscher Eisenhüttenleute, sehr segensreich. Der Thomasprozefs und sein Produkt wurden in Deutschland sehr gründlich studiert und gaben die Veranlassung zu den mannigfaltigsten chemischen Untersuchungen. Über die wirtschaftliche Bedeutung des Thomasprozesses hielt 1881 Direktor Brauns einen bemerkenswerten Vortrag in der Hauptversammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute.

Das Flufseisen fand immer mehr Verwendung. Anfänglich verarbeitete man das Thomasflufseisen nur zu Eisenbahnschienen. Aber seine Weichheit, Gleichmäfsigkeit und Festigkeit liefs es bald für mancherlei andere Zwecke geeignet erscheinen, so z. B. schon 1881 für Bleche, Draht und Nieteisen. Für Geschirrblech war es vorzüglich. Damals glaubte man noch für Weifsblech nur Holzkohlenblech verwenden zu dürfen, bald aber erkannte man die Vorzüge des Flufsstahlblechs für diese Fabrikation.

1881 veröffentlichte die zur Revision der Klassifikation von Eisen und Stahl eingesetzte Kommission ihr Gutachten. In demselben Jahre erfand Otto Klatte ein Walzverfahren für endlose Ketten.

1882 wurde Spannagels neues Stahldraht-Walzwerk in dem Hüttenwerk Phönix bei Ruhrort in Betrieb genommen.

1883 wurde die Einführung einheitlicher chemischer Untersuchungsmethoden von Dr. Schmitt-Wiesbaden angeregt und vom Verein deutscher Eisenhüttenleute hierfür eine Kommission erwählt.

Digitized by Google

Bauschinger-München berief 1884 eine Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsverfahren für Bau- und Konstruktionsmaterial. Erwähnenswert ist, dafs in diesem Jahre Kruppscher Stahl in den Eisenbahnwerkstätten zu Darlington in England bevorzugt wurde. Dafs Krupp nach allen übrigen Ländern der Welt bis nach Chili, China und Australien damals bereits seinen Stahl lieferte, braucht kaum hervorgehoben zu werden. 1884 beschäftigte die Gufsstahlfabrik zu Essen 10213 Arbeiter und lieferte 200000 Tonnen Eisen- und Stahlwaren. Im Jahre 1887, dem Todesjahr Alfred Krupps, war die Arbeiterzahl auf 12674 gestiegen.

1884 gab C. Scharowsky im Auftrage des Vereins deutscher Eisen- und Stahlindustrieller ein deutsches Musterbuch für Eisenkonstruktionen heraus.

Die Eigenschaften des weicheren Flufseisens von den basischen Prozessen liefsen eine Abänderung der früheren Qualitätsvorschriften und Lieferungsbedingungen notwendig erscheinen. Mit dieser Frage beschäftigten sich die Regierungen, die Eisenbahnverwaltungen und die grofsen technischen Vereine. 1886 stellte der Verband deutscher Architekten- und Ingenieurvereine Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau fest.

In demselben Jahre nahm Dr. Kögel in Remscheid die ersten Patente auf sein Schrägwalzverfahren, das 1887 und 1888 von Mannesmann weiter entwickelt und in die Praxis eingeführt wurde. Es erregte das gröfste Aufsehen, besonders nachdem 1889 Professor Reuleaux in Berlin einen sensationellen Vortrag darüber gehalten hatte.

Hugo Sack in Duisburg erfand 1887 ein verbessertes Universalwalzwerk und 1888 einen Kantapparat zur Bedienung von Reversierwalzwerken[1]).

Am 14. Juli 1887 verschied einer der bedeutendsten Männer Deutschlands, Alfred Krupp, der die Gufsstahlfabrik seines Vaters, Friedrich Krupp, in Essen zu so wunderbarer Höhe gebracht hatte. Die ganze Welt nahm an seinem Tode teil, denn er hatte durch seinen Gufsstahl und seine Kanonen seinen Namen in allen Ländern bekannt gemacht. Alfred Krupp war grofs als Mensch und als Industrieller. Was er geworden, dankt er der eigenen Kraft. Der geniale Mann, zu dem unser grofser Kaiser Wilhelm in freundschaftlichem Verhältnis stand und der dem Vaterlande so hervor-

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1888, S. 436, Taf. XIII.

Digitized by Google

ragende Dienste geleistet hat, wird alle Zeit der Stolz der Deutschen, ein Stern der Eisenindustrie und ein Vorbild für unsere Jugend bleiben. Näher auf die Einzelheiten seines Lebens und seiner Thätigkeit einzugehen, als bisher geschehen ist, gestattet der Raum nicht, auch sind bereits mehrere Lebensbeschreibungen Krupps veröffentlicht worden [1]).

In demselben Jahre, am 6. Dezember 1887, starb noch ein anderer Mann, der sich um die Eisenindustrie Rheinlands und Westfalens wie um die Walzindustrie und das Hüttenmaschinenwesen im allgemeinen verdient gemacht hat, Rainer Daelen, der am 10. Oktober 1813 in Essen geboren war. Besonders bekannt ist er durch seine Thätigkeit in Hörde. Er erfand bereits 1843 ein Universalwalzwerk, 1852 einen Dampfhammer, 1856 die Fabrikation schmiedeeiserner Radscheiben. Zahlreich waren seine Verbesserungen an Walzwerken, besonders an dem Drahtwalzwerk. 1869 trat er in Hörde aus und gründete das Neufser Eisenwerk, zog sich aber wenige Jahre später in das Privatleben zurück.

Am 9. März 1888 starb Kaiser Wilhelm der Grofse, der siegreiche Held, der Einiger Deutschlands und Wiederaufrichter der deutschen Kaisermacht, unter dessen glorreicher Herrschaft die deutsche Eisenindustrie zu neuem Leben erwacht war.

1888 fanden die hydraulischen Schmiedepressen in der Eisenindustrie Eingang. Alfred Krupp hatte bereits 1886 den Plan zu einer grofsen Anlage mit Schmiedepressen für die Geschützfabrikation gefafst, doch erlebte er die Ausführung des berühmten „Prefsbaues“ zu Essen, einer der gröfsten und schönsten Werkstätten der Welt, nicht. Die erste grofse Schmiedepresse wurde der bekannten Maschinenfabrik von Tannet & Walker zu Leeds in England in Auftrag gegeben und 1889 aufgestellt. Aber schon im Jahre 1888 baute die Firma L. W. Breuer, Schumacher & Co. in Kalk bei Köln eine pneumatisch-hydraulische Schmiedepresse nach dem System Prött & Seelhof, mit Akkumulatoren mit komprimierter Luft oder flüssiger Kohlensäure (D. R. P. Nr. 43434). Seitdem hat die genannte Maschinenbaufirma im Bau von Schmiedepressen grofse Fortschritte gemacht und Hervorragendes geleistet. 1889 bauten Haniel & Lueg in Düsseldorf die erste Schmiedepresse nach ihrem Patent (D. R. P. Nr. 51360).

[1]) Dietrich Bädeker, Alfred Krupp und die Entwickelung der Gufsstahlfabrik zu Essen, daselbst 1889. — Hermann Frobenius, Alfred Krupp, bei C. Reissner, Dresden 1898. — Dr. Friedr. C. G. Müller, Krupps Gufsstahlfabrik, 1889 bei A. Bagel, Düsseldorf. Eine noch eingehendere aktenmäfsige Darstellung der für die Technik wichtigsten Momente wäre sehr zu wünschen.

Digitized by Google

1889 gründete Haarmann, Direktor der Georg-Marien-Hütte, der sich grofse Verdienste um den eisernen Eisenbahnunterbau erworben hat, in Osnabrück sein bekanntes „Geleise-Museum“.

In demselben Jahre veröffentlichte der Verein deutscher Eisenhüttenleute Vorschriften für Lieferung von Eisen und Stahl.

1890 kam bei Krupp in Essen das grofse Panzerplattenwalzwerk mit Reversierdampfmaschine in dem oben erwähnten Prefsbau in Betrieb. — Von technischen Fortschritten in diesem Jahre sind noch die Herstellung spiralförmig geschweifster Röhren und die Blechreinigungsmaschine von W. Goes in Schalke (D. R. P. Nr. 52817) zu nennen. Der germanische Lloyd erliefs ein Reglement zur Prüfung von Schweifs- und Flufseisen. Das Vorurteil gegen Flufseisen im allgemeinen und gegen Thomaseisen im besonderen war jetzt geschwunden. L. Tetmajer empfahl letzteres ausdrücklich für Baueisen.

In den neunziger Jahren setzte die deutsche Eisenindustrie ihren glänzenden Vormarsch fort. Während die Jahre 1889 bis 1893 in Grofsbritannien Jahre des Rückgangs waren, kam in Deutschland die Ungunst der Zeit, wenn man die graphische Darstellung der Roheisenerzeugung auf Seite 981 betrachtet, nur durch einige Zuckungen infolge mäfsiger Verlangsamung der Zunahme zum Ausdruck, die von 1895 an verschwinden und einer raschen Aufwärtsbewegung Platz machen. Die Roheisenerzeugung von 1891 bis 1899 stieg von 4641 auf 8029 Kilotonnen, also um 3388 Kilotonnen, während diese Zunahme in der gleichen Zeit der achtziger Jahre 1511 Kilotonnen und der siebziger Jahre 663 Kilotonnen betragen hatte. In Prozenten ausgedrückt war die Zunahme in diesen Zeitabschnitten rund um 73, 52 und 42 Prozent. Das Wachsen der Roheisenerzeugung Deutschlands von 1871 bis 1899 beziffert sich auf 6465 Kilotonnen oder auf 413 Prozent. Vergleicht man hiermit die Roheisenerzeugung Grofsbritanniens, so betrug deren Zunahme 1891 bis 1899 2018 Kilotonnen oder 27 Prozent und die ganze Zunahme von 1871 bis 1899 nur 2846 Kilotonnen oder etwas über 42 Prozent. Hierdurch ist die deutsche Produktion der englischen bedeutend näher gerückt: 1871 war das Verhältnis $\frac{1564}{6697}$ Kilotonnen, 1900 $\frac{8520}{9052}$ Kilotonnen.

Deutschlands grofsartiger Fortschritt in der Eisenindustrie ist hauptsächlich bedingt durch die rasche Entwickelung des basischen Konverterprozesses, des Thomasverfahrens, während Englands relatives Zurückbleiben aus der Vernachlässigung dieses Verfahrens hergeleitet werden dürfte, wie aus nachstehenden Ziffern erhellt:

Erzeugung von Thomasflufseisen in Kilotonnen.

Jahr	In Deutschland	In Grofsbritannien
1881	200	46
1890	1493	503
1898	3607	512

Die technischen, wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Fortschritte der neunziger Jahre knüpfen an die vorhergegangenen an und sind als deren konsequente Fortsetzung zu betrachten.

Bei dem Hochofenbetriebe kam dies durch stärkere Winderhitzung infolge der allgemeinen Einführung und der Verbesserung der Winderhitzer und durch höhere Windpressung infolge der Einführung stärkerer Gebläsemaschinen zum Ausdruck. Seit 1892 erlangte die Einfuhr schwedischer Erze besonders von Grängesberg und Gellivara gröfsere Bedeutung und hat seitdem von Jahr zu Jahr zugenommen. Der Bezug eisenreicher Erze aus dem Auslande und die Anreicherung des Möllers mit denselben erhöhte das Ausbringen und die Tageserzeugung.

Von Wichtigkeit waren auch die Fortschritte der Koksfabrikation, besonders die Erfindung der Koksöfen mit Gewinnung der Nebenprodukte von Dr. Otto (Otto & Co.) zu Dahlhausen 1892. Die Fortschritte im Transport der Materialien durch die Drahtseilbahnen von Otto, Pohlig und Bleichert & Co. seit Anfang der neunziger Jahre förderten die Massenerzeugung.

Auf theoretischem Gebiete wirkten die von dem Verein für Eisenhüttenleute unterstützten Bestrebungen der Einführung einheitlicher Untersuchungsmethoden förderlich. Dieser Verein war es auch, der auf Einladung amerikanischer Fachgenossen 1891 eine Festfahrt deutscher Eisenhüttenleute nach den Vereinigten Staaten veranstaltete, die zur Erweiterung der Kenntnisse und zur Anknüpfung internationaler Beziehungen beitrug. Der um die Eisenhüttenkunde hochverdiente Professor Dr. H. Wedding veröffentlichte 1892 eine wichtige Arbeit über Wärmeverluste bei Hochöfen[1]).

Die technischen Hochschulen und die Fachschulen wurden immer stärker besucht. Die rheinisch-westfälische Eisenhüttenschule wurde

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1892, S. 1029.

Digitized by Google

1891 von Bochum nach Duisburg verlegt. Von dem glücklich sich entwickelnden Verein deutscher Eisenhüttenleute zweigten sich 1893 als Untervereine die Eisenhütte Düsseldorf und die Eisenhütte Oberschlesien zur Wahrung mehr lokaler Interessen ab.

Die Beziehungen zu den Vereinigten Staaten wurden noch enger durch die Columbische Weltausstellung in Chicago im Jahre 1893, die von deutschen Eisenindustriellen gut beschickt und besucht wurde; diese Beziehungen wirkten anregend und fördernd. Über das Berg- und Hüttenwesen auf der Chicagoer Weltausstellung erstattete Professor Wedding Bericht (Stahl und Eisen 1893 und 1894).

Im Jahre 1893 verstarben am 14. August Joh. Schlink, der verdiente Direktor der Friedrich-Wilhelm-Hütte zu Mülheim, und am 25. März Professor G. Bauschinger in München, der eifrige Förderer einheitlicher Materialprüfungsverfahren.

Beachtenswert sind die Untersuchungen von W. van Vloten über die Verbrennung im Hochofengestell. Die Reinigung der Gichtgase wurde verbessert.

Die Erzeinfuhr aus Schweden, die 1890 190329 Tonnen betragen hatte, war 1893 schon auf 455097 Tonnen gestiegen. 1894 wurden 601404 Tonnen spanische Erze von Bilbao, 341632 Tonnen schwedische Magneteisensteine von Gellivara über Luleå und 341632 Tonnen von Grängesberg über Oxelösund importiert. Der gröfste Teil der Einfuhr ging nach Rheinland und Westfalen.

1894 besuchten rheinisch-westfälische Mitglieder des Vereins deutscher Eisenhüttenleute auf Einladung belgischer Fachgenossen die wichtigsten Eisenwerke Belgiens.

Nachstehende Tabelle der deutschen Hochofenwerke nebst Angabe ihrer Leistungsfähigkeit ist einem Vortrage des Herrn Ingenieurs E. Schrödter über die Deckung des Erzbedarfs der deutschen Hochöfen, gehalten bei der Hauptversammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute am 23. Februar 1896 in Düsseldorf[1]), entnommen.

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1896, II. Märzheft. Diese vortreffliche, auf statistischer Grundlage aufgebaute Arbeit Schrödters ist wie seine Vorträge über die Entwickelung der deutschen Hochofenerzeugung (a. a. O.) und der deutschen Flufseisenerzeugung (a. a. O.) von grofsem geschichtlichen Interesse. Ein neueres Verzeichnis der deutschen Hochofenwerke im Jahre 1900 findet sich in der von dem Verein deutscher Eisenhüttenleute 1901 herausgegebenen vierten Auflage der gemeinfafslichen Darstellung des Eisenhüttenwesens, S. 130 bis 135.

Deutsche Hochofenwerke und ihre Leistungsfähigkeit Ende 1895 (von E. Schrödter).

Namen der Werke	Zahl der Hochöfen			Ungefähre Leistung der in Betrieb befindlichen Öfen in 24 Stunden in Tonnen
	in Betrieb	aufser Betrieb	im Bau	
Oberschlesien:				
Borsigwerk	2	2	—	50
Donnersmarckhütte	2	1	—	70
Friedenshütte	3	—	—	110
Julienhütte	5	—	—	50
Kgl. Hütte Gleiwitz	1	—	1	55
Falvahütte	2	—	—	75
Königs- und Laurahütte	7	3	—	60 bis 70 (in Summa etwa 500 Tonnen den Tag)
Hubertushütte	2	—	1	60 bis 70
Redenhütte	1	—	—	70
Tarnowitzer Hütte	2	1	—	40
Württemberg:				
Wasseralfingen	1	—	—	10
Bayern:				
Amberger Hochöfen	1	—	—	55
Maxhütte, Rosenberg	2	1	—	170
Thüringen, Harz, Braunschweig, Hannover:				
Unterwellenborn (Maxhütte)	1	2	—	70
Blankenburg	—	2	—	—
Rübeland	1	1	—	5
Zorge	1	1	—	5
Rotehütte	1	1	—	5
Mathildenhütte	2	1	—	140 (in Summa)
Carlshütte	—	1	—	5
Ilseder Hütte	2	1	—	430 (in Summa)
Westfalen-Niederrhein:				
Georg-Marien-Hütte	3	—	—	370 (in Summa)
Aplerbecker Hütte	2	1	—	200 „ „
C. von Born	1	—	—	130 „ „
Hörder Verein	4	1	—	600 „ „
Union Dortmund	3	—	—	360 „ „
„ Hattingen	1	1	—	120
„ Steele	2	—	—	200
Hösch	—	—	2	400 (in Summa)
Schalker Gruben- und Hüttenverein	3	2	—	600 „ „

Digitized by Google

Namen der Werke	Zahl der Hochöfen in Betrieb	Zahl der Hochöfen aufser Betrieb	Zahl der Hochöfen im Bau	Ungefähre Leistung der in Betrieb befindlichen Öfen in 24 Stunden in Tonnen
Bochumer Verein	3	1	—	390 (in Summa)
Fr. Krupp, Johannishütte	3	1	—	240 „ „
Friedrich-Wilhelm-Hütte, Mülheim a. d. Ruhr	2	—	—	200 „ „
Gutehoffnungshütte	7	1	—	820 „ „
Phönix, Kupferdreh	1	1	—	80 „ „
„ Borbeck	2	—	—	200 „ „
„ Ruhrort	2	1	—	220 „ „
Rheinische Stahlwerke	2	1	—	500 „ „
Gewerkschaft Deutscher Kaiser	—	—	2	400 „ „
Niederrhein-Hütte	4	—	—	320 „ „
Vulcan	2	—	—	170 „ „
Hochdahl	1	—	—	120 „ „
Eschweiler Bergwerksverein	2	—	—	200 „ „
Mittelrhein:				
Carl Otte	1	—	—	60
Friedrich-Wilhelms-Hütte, Troisdorf	1	—	—	90
Gebr. Lossen, Bendorf	1	1	—	70
Fr. Krupp, Hermannshütte bei Neuwied	3	1	—	240 (in Summa)
„ Mühlhofen b. Engers	3	2	—	240
Siegerland:				
Finnentroper Hütte	1	1	—	40 bis 45
Germaniahütte	1	—	—	35
Bremerhütte	1	—	—	70 bis 75
Birlenbacher Hütte	1	—	—	25 „ 30
Haardter Hütte	1	—	—	40
Geisweider Eisenwerke	1	—	—	100 bis 120
Rolandshütte	1	1	—	90 „ 100
Hainerhütte	1	—	—	45 „ 50
Johanneshütte	2	—	—	70 „ 80
Marienhütte	2	—	—	40 „ 50
Eiserfelder Hütte	1	—	—	60
Eiserner Hütte	1	—	—	60 „ 70
Charlottenhütte	2	—	—	100 „ 120
Alte Schelder Hütte	1	—	—	40 „ 50
Brachbacher Hütte	1	—	—	50
Friedrichshütte	1	1	—	70 „ 80
Wissener Hütte	2	1	—	100 bis 120, 35 bis 40
Heinrichshütte	1	—	—	90 bis 100
Köln-Müsener Bergwerks-Aktien-Verein	2	—	—	125 „ 130
Gosenbacher Hütte	1	—	—	25 „ 30

Namen der Werke	Zahl der Hochöfen			Ungefähre Leistung der in Betrieb befindlichen Öfen in 24 Stunden in Tonnen
	in Betrieb	aufser Betrieb	im Bau	
Grünebacher Hütte	1	—	—	12 bis 15
Alte Herdorfer Hütte	1	—	—	25
Seelenberger Hütte	—	1	—	30 „ 35
Niederdreisbacher Hütte	1	—	—	20 „ 25
Dill-Lahn (Nassau):				
Buderus:				
Sophienhütte, Wetzlar	2	—	—	350 (in Summa)
Georgshütte, Burgsolms	2	1	—	
Main-Weser-Hütte, Lollar	1	—	—	
Margarethenhütte, Giefsen	1	—	—	
Saar:				
Burbacherhütte	4	—	1	410 bis 415 (in Sa.)
Völklingen	4	1	—	430 „ 450 „ „
Gebr. Stumm, Neunkirchen	6	—	—	300 „ „
Halbergerhütte, Brebach	4	—	—	120 „ 140 „ „
Lothringen:				
Lothringer Eisenwerke	—	2	—	—
Aciéries d'Angleur in Oth	2	—	—	75 bis 80 bis 100
de Wendel, Hayingen	7	—	—	100 „ 110
„ Grofsmoyeuver	7	—	—	100 „ 110
Dillinger Hütte, Redingen	2	—	—	125
Rümelinger Hüttengesellschaft in Ottingen	2	1	—	70 „ 80
Lamarche & Co. zu Mézières	2	—	—	100 „ 120
Rombacher Hüttenwerke	3	—	1	120 „ 130
Stumm, Ückingen	2	—	1	120
Luxemburg:				
Gebr. Collart in Steinfort	2	—	—	95 bis 110 (in Sa.)
Rodingen	2	—	—	200 „ 235 „ „
Luxemburg-Saarbrücker Aktiengesellschaft zu Esch	2	—	—	200 „ „
Metz & Co. zu Eich	6	—	—	500 „ „
Rümelingen	3	—	—	300 „ 335 „ „
Düdelingen	5	—	—	500 „ 600 „ „
Aachener Hütte zu Esch	4	—	—	550 „ 600 „ „

Von hervorragendem Interesse war die Gründung des Hütten- und Stahlwerks „Deutscher Kaiser“ in Bruckhausen a. M. 1890 wurde das Martinstahlwerk errichtet; 1895 begann man mit dem Bau der Hochofenhütte, die für sechs Hochöfen vorgesehen wurde.

Digitized by Google

Im Jahre 1895 machten eine gröfsere Anzahl amerikanischer Ingenieure, Mitglieder der Americ. Soc. of Civil Engineers, der A. S. of Mechanical Engineers und der A. S. of Mining Engineers einen Besuch der deutschen Eisen- und Stahlwerke in Rheinland und Westfalen.

Am 22. August 1896 beging das Königl. preufsische Hüttenwerk zu Gleiwitz, dem der Ruhm gebührt, den Kokshochofenbetrieb in Deutschland zuerst ein- und durchgeführt zu haben, seine hundertjährige Gedenkfeier.

1897 wurde von Graf Guido Henckel von Donnersmarck die Hochofenhütte „Kraft“ bei Stettin gegründet und einer der nach modernen Grundsätzen erbauten Hochöfen in diesem, der zweite in dem folgenden Jahre und ein dritter 1899 in Betrieb genommen. Es wurden vornehmlich schwedische Erze verschmolzen Für dieses Werk war in der steinarmen Gegend die Fabrikation von Schlackensteinen von grofser, ökonomischer Bedeutung.

Die Dinglersche Maschinenfabrik in Zweibrücken konstruierte 1896 einen Gasfang mit Deckelverschlufs, desgleichen erfand Dr. Neumark auf der Donnersmarckhütte 1898 einen doppelten Gichtverschlufs.

1897 begann man auf der Eisenhütte des Hörder Vereins mit Versuchen über die Verwendung der Hochofengase zur Krafterzeugung in Gasmaschinen. Im April 1898[1]) kamen in Hörde eine Zwillingsgasmaschine von 600 Pferdestärken von der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Aktiengesellschaft in Dessau, nach dem Patent Oechelhäuser & Junkers gebaut, in Betrieb, ferner zwei Zwillingsmaschinen von 200 Pferdestärken und zwei ebensolche von 300 Pferdestärken, zusammen von 1000 Pferdestärken, auf der Friedenshütte bei Morgenroth in Oberschlesien, eine Schöpfung des um die oberschlesische Eisenindustrie hochverdienten Direktors Eduard Meier, der ihre Vollendung nicht mehr erlebte, da er am 8. Januar 1899 aus dem Leben schied. Es waren Viertaktmaschinen der Gasmotorenfabrik Deutz bei Köln. Bald darauf entstanden noch verschiedene kleinere Anlagen zu Gutehoffnungshütte bei Oberhausen, zu Differdingen, zu Berge-Borbeck (Phönix). Die ersten grofsen Gichtgasmaschinen wurden zur Erzeugung von Elektrizität verwendet. Deutschland hat in kurzer Zeit grofse Fortschritte auf dem wichtigen Gebiete der Gichtgas-Kraftmaschinen gemacht.

Am 16. August 1899 starb in Heidelberg Robert Bunsen im

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 474; 1900, S. 382.

89. Lebensjahre, dessen chemische Untersuchung der Hochofengase für die Verwendung derselben sowie für das Verständnis des Hochofenprozesses grundlegend waren.

Wie sehr die Leistung der deutschen Hochöfen zugenommen hatte, zeigt nachstehende Zusammenstellung der durchschnittlichen Tagesproduktion eines Hochofens der Ilseder Hütte:

1870	71 611 kg	1890	176 345 kg
1880	109 573 „	1899	204 038 „

Der Eisengiefserei war durch den Stahlformgufs ein gefährlicher Konkurrent entstanden, dennoch nahm die Gufswarenerzeugung infolge des wirtschaftlichen Aufschwunges und des Wachstums der Industrie in den neunziger Jahren stetig zu. Sie betrug 1890 1 060 196 Tonnen, 1899 1 769 101 Tonnen, die Zunahme betrug demnach fast 67 Prozent.

Von den Fortschritten auf mechanischem Gebiete sind hervorzuheben die Verbesserungen und die allgemeine Verwendung der Formmaschinen, wobei namentlich die Verwendung des Wasserdrucks von Wichtigkeit war. Von den zahlreichen Erfindern und Erbauern sind besonders die Badische Maschinenfabrik in Durlach vormals Sebold & Neff und Bopp & Reuter in Mannheim zu nennen.

1892 wurde das Grusonwerk, das 1855 von Hermann Gruson zu Buckau bei Magdeburg begonnen und durch seinen vorzüglichen Hartgufs zu grofsartiger Entfaltung gelangt war, mit den Werken von Friedrich Krupp vereinigt. Am 31. Januar 1895 verstarb der hochverdiente Gründer des Werkes. In demselben Jahre verschied hochbetagt Eduard Schott zu Ilsenburg, der sich um den Kleingufs, besonders den Kunstgufs, sehr verdient gemacht hatte.

1897 fand gelegentlich der Jahresversammlung des Vereins deutscher Eisengiefsereien in Goslar eine Ausstellung statt, wobei die wichtigsten Neuheiten vorgeführt wurden, darunter ein Hochdruck-Kapselgebläse von Jäger und ein neues Schraubengebläse von Krigar & Ihssen, Formmaschinen von der Badischen Maschinenfabrik in Durlach, von S. Oppenheim in Hainholz u. s. w., ein hydraulisches Hebezeug von Klein, Schanzlin & Becker in Frankenthal u. a. m. 1897 liefs sich die Badische Maschinenfabrik auch einen besonders für Giefsereien geeigneten hydraulischen Masselbrecher[1]) patentieren.

[1]) Ledebur, Der Giefsereibetrieb am Ende des 19. Jahrhunderts, S. 5, Fig. 1. Sonderabdruck aus der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Bd. 43.

Der Wert der chemischen Analyse und der Kenntnis der Zusammensetzung des Roheisens wurde auch in der Gießerei immer mehr gewürdigt, und Gießereiroheisen wird jetzt bereits mehr auf Grund der Analysen als nach dem Bruchansehen gekauft[1]).

Die Schweißeisenerzeugung hat seit 1890 durch die Konkurrenz des weichen Flußeisens von den basischen Prozessen eine Abnahme erfahren; über technische Fortschritte ist nichts Wichtiges zu berichten.

Am Schluß des Jahrhunderts bestanden in Deutschland folgende Puddelwerke:

Werk	Vorhandene Puddelöfen
Aktiengesellschaft Bremerhütte, Geisweid	4
" " Weidenau	3
Aktiengesellschaft für Eisenindustrie und Brückenbau von Joh. Caspar Harkort, Duisburg	12
Altenhundemer Walz- und Hammerwerk, G. m. b. H., Altenhundem	4
Ax, Schleifenbaum & Mattner, Siegen	6
J. J. Bruchs Wwe., Weidenau a. d. Sieg	4
Dreslers Drahtwerk, G. m. b. H., Creuzthal i. W.	10
Düsseldorfer Eisen- und Drahtindustrie, Düsseldorf-Oberbilk	10
Düsseldorfer Eisenhüttengesellschaft, Düsseldorf	11
Düsseldorfer Röhren- und Eisenwalzwerke, Düsseldorf-Oberbilk	39
Eschweiler Eisenwalzwerk, A.-G., Eschweiler 2	10
Englerth & Cünzer, Eschweiler-Pümpchen	30
Ehrenfelder Walzwerk, Köln-Ehrenfeld	9
Eichener Walzwerk und Verzinkerei, G. m. b. H., Creuzthal i. W.	3
Eicken & Co., Hagen i. W.	6
Eisenindustrie zu Menden und Schwerte, Schwerte	16
Eisenwerk Rote Erde, Dortmund	12
Funke & Elbers, Hagen i. W.	13
Gabriel & Bergenthal, Soest	6
Geisweider Eisenwerk, A.-G., Geisweid	4
Gutehoffnungshütte, Oberhausen	9
W. Ernst Haas & Söhne, Neuhoffnungshütte bei Sinn	17
Hahnsche Werke, Großenbaum	11
Peter Harkort & Sohn, G. m. b. H., Wetter	4
Hasper Eisen- und Stahlwerk, Haspe	7
Herdecker Eisen- und Stahlwerk, Gebrüder Brüninghaus, Herdecke i. W.	5
Aug. Herwig Söhne, Dillenburg	7
Hochfelder Walzwerk, Aktien-Verein, Duisburg	7

[1]) Wir verweisen hinsichtlich der Fortschritte der Gießerei auf die vorgenannte vortreffliche Abhandlung von A. Ledebur, außerdem auf eine Zusammenstellung von W. Kirchner, Fortschritte in der Gießereipraxis.

Werk	Vorhandene Puddelöfen
Hörder Bergwerks- und Hütten-Verein, Hörde	10
Kaiser & Co., G. m. b. H., Weidenau a. d. Sieg	8
Friedrich Krupp, Gufsstahlfabrik, Essen	49
Limburger Fabrik- und Hütten-Verein, Hohenlimburg	5
Meggener Walzwerk, A.-G., Meggen i. W.	12
Menne & Co., Weidenau	3
Oberbilker Blechwalzwerk, G. m. b. H., Düsseldorf-Oberbilk	12
Phönix, A.-G., Laar bei Ruhrort, Hütte Laar	5
" " " " " Hamm (Westf. Union)	18
" " " " " Nachrodt	21
" " " " " Lippstadt	14
Prinz Leopold, A.-G., Empel	12
Joh. Casp. Post Söhne, Hagen	3
Hub. Rügenberg, Olpe	3
Siegener Eisenindustrie, A.-G., vorm. Hesse & Schulte, Siegen	13
Sieghütter Eisenwerk, A.-G., Siegen	10
Sieg-Rheinische Hütten, A.-G., Friedrich-Wilhelms-Hütte a. d. Sieg	20
Schleifenbaum & Co., Weidenau	5
Gebrüder Schleifenbaum & Co., G. m. b. H., Buschgotthardshütte bei Weidenau a. d. Sieg	3
Justus Stahlschmidt, Creuzthal i. W., Aherhammer	2
Steinseifer & Co., G. m. b. H., Eiserfeld	4
Stolz & Co., Eiserfeld	?
Styrumer Eisenindustrie, Oberhausen	10
Friedr. Thomée, A.-G., Werdohl	10
Thyssen & Co., Mülheim a. d. Ruhr	31
Union, A.-G., Dortmund	16
" " Hattingen	25
" " Horst bei Steele	10
Carl Vorländer & Co., Allenbach (Kr. Siegen)	1
Westfälische Drahtwerke, Langendreer	10
Westfälische Drahtindustrie, Hamm	7
Tarnowitzer Aktiengesellschaft für Bergbau- und Eisenhüttenbetrieb, vorm. Röhrig, Braunschweig	?
Eisenwerksgesellschaft, Maximilianshütte, Haidhof	10
Eisenwerk Kraemer, St. Ingbert, Pfalz	18
Königl. Hüttenverwaltung Ludwigsthal bei Tuttlingen	?
Königl. Hüttenamt Wasseralfingen	5
Königin Marienhütte, Cainsdorf i. S.	5
Bismarckhütte bei Schwientochlowitz	15
Borsigwerk, Borsigwerk O. S.	30
Eisen- und Stahlwerk Bethlen-Falva, Schwientochlowitz	24
Hoffnungshütte bei Ratiborhammer O. S.	4
Huldschindskysche Hüttenwerke, A.-G., Gleiwitz	19
Marthahütte der Kattowitzer Aktiengesellschaft für Bergbau und Hüttenbetrieb, Kattowitz	32
Oberschles. Eisenbahnbedarf-Aktiengesellschaft Friedenshütte O. S.	26

Digitized by Google

UNIVERSITY

Werk	Vorhandene Puddelöfen
Oberschles. Eisenindustrie, Aktiengesellschaft für Bergbau und Hüttenbetrieb, Gleiwitz	46
Redenhütte, A.-G., Zabrze	18
Vereinigte Königs- und Laurahütte, Aktiengesellschaft für Bergbau und Hüttenbetrieb, Berlin:	
Königshütte in Königshütte O. S.	36
Laurahütte in Laurahütte O. S.	37
de Dietrich & Co., Niederbronn	6
Lothringer Eisenwerke, Ars a. d. Mosel	16
Gebrüder Stumm, Neunkirchen (Bez. Trier)	42
de Wendel & Co., Hayingen	10

Das Flufseisen hatte sich die Herrschaft erobert und die Erzeugung desselben einen grofsen Aufschwung genommen. Die deutsche Flufseisenproduktion in Blöcken betrug (nach Rentzsch) 1890 2 232 099 Tonnen, 1899 6 290 434 Tonnen, war also um 282 Prozent gewachsen. Der Zuwachs entfällt ganz auf das basische Material, das 1896 88,9 Prozent ausmachte. Es wurden nämlich erzeugt 351 500 Tonnen = 7,3 Prozent saures und 3 004 600 = 62,2 Prozent basisches Konvertereisen, 184 100 Tonnen = 3,8 Prozent saures und 1 293 709 Tonnen = 26,7 Prozent basisches Herdflufseisen.

Die technischen Fortschritte beruhten zum Teil auf verbesserten Betriebseinrichtungen, zumeist aber auf Verbesserungen der Bearbeitungsmaschinen. Die Kleinbessemerei hatte in Deutschland wenig Verbreitung gefunden. Die zwei Clapp-Griffith-Konverter auf dem Blechwalzwerk Rasselstein bei Neuwied sind neuerdings auch durch Siemens-Martin-Öfen verdrängt worden. Vielmehr ging das Streben dahin, die Konverter zu vergröfsern, namentlich für den Thomasprozefs.

1893 hatten die nachfolgend angeführten Werke[1]) den Thomasprozefs eingeführt:

	Seit dem Jahre
1. Deutschland.	
1. Hörder Bergwerks- und Hüttenverein, Hörde	1879
2. Rheinische Stahlwerke, Ruhrort	1879
3. de Wendel & Co., Hayingen	1879
4. Gebrüder Stumm, Neunkirchen	1879 (?)

[1]) Nach G. Hilgenstock, Stahl und Eisen 1893, S. 453.

Digitized by Google

		Seit dem Jahre
5.	Aachener Hütten Aktienverein, Rote Erde	1880
6.	Bochumer Verein, Bochum	1880
7.	Maximilianshütte, Rosenberg	1880
8.	Gutehoffnungshütte, Oberhausen	1881
9.	Peiner Walzwerk, Peine	1881
10.	Dortmunder Union, Dortmund	1881
11.	Aktiengesellschaft Phönix, Ruhrort	1881
12.	Eisen- und Stahlwerk Hösch, Dortmund	1883
13.	Königs- und Laurahütte, Königshütte	1883
14.	Oberschles. Eisenbahnbedarfs-Aktiengesellschaft Friedenshutte	1883
15.	Hasper Eisen- und Stahlwerk, Haspe	1885
16.	Gebrüder Röchling, Volklingen	1889
	2. Luxemburg.	
17.	Hauts-Fourneaux et Forges de Dudelingen, Dudelingen	1882

1896 waren (nach Schrödter und Rentzsch) in Deutschland von Konvertern vorhanden:

Mit saurem Futter	Mit basischem Futter
2 zu 0,65 Tonnen	6 zu 5 bis 5,5 Tonnen
19 „ 6 „	9 „ 9 „ 8 „
4 „ 7,5 „	26 „ 10 „ 12 „
7 „ 8 „	23 „ 12,5 „ 15 „
32	6 „ 15 „ 20 „
	70

Von den Birnen mit saurem Futter entfiel der gröfste Teil auf das Kruppsche Gufsstahlwerk in Essen, dem ein vorzügliches Bessemerroheisen zur Verfügung stand und das deshalb an dem sauren Verfahren festhielt. — Die Einführung der Roheisenmischer trug zur Verbesserung der Qualität und zur Erhöhung der Produktion bei.

Der Herdflufsstahlprozefs erlangte in den neunziger Jahren eine wachsende Bedeutung, und das weiche basische Herdflufseisen fand immer mehr Verwendung. Der Herdprozefs hat den Vorzug, dafs er sich besser dem Bedürfnis anpassen läfst, sowohl in Bezug auf den Umfang der Erzeugung als auf die Qualität. Auch ist er für den Stahlformgufs sehr geeignet. Bei dem Herdprozefs hat ebenfalls das basische Verfahren das saure überflügelt.

1895 stellte die Aktiengesellschaft Lauchhammer eine selbst erbaute elektrische Chargiermaschine nach Welmanschem Systeme auf.

Digitized by Google

1896 wurde bereits mehr als die siebenfache Menge auf basischen Herden erzeugt. Von Formgufs wurden 1894 47 800 Tonnen, 1896 bereits 65 300 Tonnen in 32 Werken hergestellt. Es betrug 1896 die Zahl der Herdöfen:

Mit saurem Herd	Mit basischem Herd
19 zu 2,5 bis 10 Tonnen	5 zu 3 bis 10 Tonnen
25 „ 10 „ 15 „	67 „ 10 „ 15 „
1 „ 15 „ 20 „	60 „ 15 „ 20 „
	15 über 20 „
45	147

Bei dem Herdprozefs sind Fortschritte bei den Öfen und dem Betriebe zu verzeichnen. F. Schönwalders verbesserter Martinofen (D. R. P. Nr. 55 707 und 64 235) wurde 1891 patentiert und bewährte sich gut auf der Friedenshütte in Schlesien. Ebenso wurde das Kohlungsverfahren von J. Meier in Düdelingen mit Erfolg angewendet.

Am 20. Juli 1897 starb Alexander Thielen, der um die deutsche Eisenindustrie hochverdiente Direktor der Phönixwerke.

1897 war in Westfalen der saure Prozefs nur noch bei Krupp in Essen in Ausübung, doch hatte man auch hier bereits Siemens-Martin-Öfen mit basischen Herden. Das basische Verfahren erlaubte einen noch höheren Zusatz von Eisenabfällen bis zu 90 gegen 85 Prozent. Die Gutehoffnungshütte bei Oberhausen erzielte eine Beschleunigung, sechs Chargen gegen fünf im Tage, durch den Zusatz heifser Abfälle. Die 20-Tonnen-Öfen von Hösch in Dortmund waren nur 7,5 m lang und 3,23 m breit, während die 15-Tonnen-Öfen der Rheinischen Stahlwerke 11 m lang und 4,5 m breit waren.

1897 zog der Bertrand-Thiel-Prozefs, wobei Vorfrischen und Garen in zwei oder selbst drei Flammöfen in getrennten Operationen vorgenommen wurden, die Aufmerksamkeit auf sich. In der Herstellung von Nickelstahl zeichnete sich besonders die Gufsstahlfabrik von Friedrich Krupp in Essen aus.

Die Fortschritte der Bearbeitung von Eisen und Stahl waren in den neunziger Jahren sehr bedeutend. Zunächst verdient die zunehmende Verwendung des Wasserdruckes hervorgehoben zu werden. Hydraulische Schmiedepressen ersetzten vielfach die Dampfhämmer. Diese wurden seit Anfang der neunziger Jahre in Deutschland gebaut und zwar in vorzüglicher Weise. Hierum machten sich verdient die Märkische Maschinenbau-Gesellschaft in Wetter (Direktor Trappen)

Digitized by Google

1890, die Duisburger Maschinenbau-Aktiengesellschaft 1891, der Bochumer Verein für Bergbau und Gufsstahlfabrikation, der 1891 eine Presse von 4000 Tonnen Druck nach dem Patent von Fritz Baare (D. R. P. Nr. 45323) für den eigenen Gebrauch baute. R. M. Daelen und Haniel & Lueg in Düsseldorf liefsen sich ebenfalls Schmiedepressen patentieren. Besonders Hervorragendes leistete die Firma L. W. Breuer, Schumacher & Co., deren Schmiedepressen einen grofsen Ruf erlangten und auch vom Auslande bezogen wurden.

Ebenso wurden zu Anfang der neunziger Jahre verschiedene Verbesserungen an Walzwerken patentiert. Mannesmann walzte 1892 aus nach seinem Schrägwalzverfahren hergestellten Röhren hohle Eisenbahnschienen. Bicheroux erfand 1892 ein eigenartiges Walzwerk für breitfüfsiges Formeisen.

Was die deutsche Eisenindustrie leistete, kam bei der Weltausstellung zu Chicago 1893 zur Anschauung, besonders durch die vorzügliche Ausstellung von Krupp in Essen, wodurch Friedrich Alfred von Krupp den Beweis lieferte, dafs er ein würdiger Nachfolger seines am 14. Juli 1887 verstorbenen grofsen Vaters Alfred Krupp geworden ist. Die Kruppschen Werke waren seitdem nicht zurückgegangen, sondern noch bedeutend gewachsen. 1892 beschäftigte die Firma 25310 Arbeiter, davon 16956 in dem Gufsstahlwerke zu Essen; in den Werken befanden sich 1500 Öfen aller Art, 22 Walzenstrafsen, 111 Dampfhämmer, 4 grofse Schmiedepressen, 3000 Werkzeugmaschinen. Die 4200 Tonnen Steinkohlen, welche die Werke verbrauchten, wurden gröfstenteils aus eigenen Gruben gefördert, ebenso Thon, Sand, Steine und ein grofser Teil der Erze. Für den Transport der spanischen Erze dienten vier grofse eigene Dampfer[1]). — Die Ausstellung Krupps in Chicago war in einem eigenen, geschmackvollen Pavillon[2]) untergebracht. Die Vorführung von Kriegsmaterial, Geschützen, Panzerlafetten u. s. w., war unerreicht. Das Rohr des 42 cm-Geschützes war 14 m lang und wog 122400 kg; es war aus bestem Tiegelgufsstahl hergestellt. Die Schufsweite betrug 8850 m. Letztere wurde noch übertroffen von einer 28 cm-Küstenkanone, die bei Versuchen in Meppen bei 45° Elevation eine Schufsweite von 20300 m erzielt hatte. Auch die gewaltigen Panzerplatten

---

[1]) Ein neuerer Bericht über den Umfang der Gufsstahlfabrik von Friedrich Krupp findet sich in dem Jahresberichte der Essener Handelskammer 1900, ein Auszug in Stahl und Eisen 1900, S. 926.

[2]) Stahl und Eisen 1893, S. 361.

Digitized by Google

von gehärtetem Nickelstahl, worunter eine von 8,27 m Länge, 3,13 m Breite und 310 mm Dicke, aus einem Block von 75000 kg gewalzt, müssen zu dem Kriegsmaterial gerechnet werden. Mannigfaltiger noch waren die Vorführungen der Leistungen Krupps für Arbeiten des Friedens: Eisenbahnmaterial jeder Art, Stahlformgufs, darunter ein Radkranz mit Winkelzähnen, aus einem Stück gegossen von 4200 mm Durchmesser, 1000 mm Breite und 20200 kg Gewicht, sodann bewundernswerte Schmiedestücke aus Gufs- und Martinstahl. Aus letzterem eine Kurbelwelle mit drei Kurbelzapfen, sechs Kurbelblättern und sechs Kurbelzapfen im Gewicht von 105000 kg und eine hohle Gufsstahlwelle, hergestellt aus einem Tiegelstahlblock von 1,25 m Durchmesser und 2,7 m Länge, ausgeschmiedet auf 300 mm äufseren Durchmesser, abgedreht und auf die ganze Länge mit einer Bohrung von 110 mm versehen. — Von sonstigen deutschen Ausstellungen der Eisenbranche sind die von Stumm in Neunkirchen und die von Mannstädt, der schon gewalztes Ziereisen vorführte, hervorzuheben.

1894 am 27. April starb Richard Mannesmann[1]), der die Feilenindustrie Remscheids zu hohem Ansehen gebracht hatte, und dessen Namen durch das Schrägwalzverfahren wohlbekannt geworden war. Erwähnenswert sind in diesem Jahre das in Creuzthal eingeführte Blankglühverfahren des Drahtes durch Elektrizität von H. A. und W. Dresler (D. R. P. Nr. 77986), sodann 1895 die Erbauung des verbesserten Trägerwalzwerks zu Peine durch die Duisburger Maschinenbau-Aktiengesellschaft[2]), und des Blockwalzwerks der Dortmunder Union durch Gebr. Klein in Dahlbruch, 1896 eine hydraulische Blechschere mit Selbststeuerung und verstellbarem Messerhub des Oberbilker Walzwerks von der Duisburger Maschinenbau-Aktiengesellschaft[3]) und von derselben ein Trio-Universalwalzwerk bis zu 800 mm Breite, dann eine Schmiedepresse mit auswechselbarem Werkzeug von H. Ehrhardt. Ferner sind aus dieser Zeit zahlreiche Verbesserungen bei der Drahtfabrikation zu erwähnen: Die Drahthaspel von Otto Frank, von L. W. und F. H. Hanne, von W. Edenborn, die Drahtziehmaschinen von Carl Bremicker, der Drahtzug von Carl Berkenhoff. Der deutsche Maschinenbau war überhaupt

---

[1]) Über die Entwickelung der Mannesmann-Werke für Stahl und Eisen 1898, S. 103, 144, 201.

[2]) A. a. O. 1896, S. 595.

[3]) A. a. O. 1896, S. 405.

Digitized by Google

zu hoher Blüte gelangt, was auch in dem wachsenden Export zum Ausdruck kam.

Reinhard und Max Mannesmann liefsen sich 1896 ein Walzwerk für schrittweises Walzen von Röhren und anderen Hohlkörpern (Pilgerschritt-Walzwerk, D. R. P. Nr. 88414) patentieren.

Am 21. März 1897 starb Toussaint Bicheroux und am 17. Mai L. Baare, der das Bochumer Gufsstahlwerk zu hoher Blüte gebracht hatte — beide um die deutsche Eisenindustrie verdiente Männer.

Zur Verbesserung der Qualität trug die sorgfältige Materialprüfung wesentlich bei. Hierfür wirkten die staatlichen Prüfungsanstalten zu Berlin-Charlottenburg, München und Zürich, und die Vereine, wie der Verein deutscher Eisenhüttenleute, der Verein deutscher Ingenieure, der Deutsche Architekten- und Ingenieurverein, und besonders Männer wie Bauschinger, Wedding, Martens, Tetmayer u. a. Am 22. Oktober 1892 nahmen die vorgenannten Vereine Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau an. Von Wichtigkeit war die chargenweise Probenahme, sowohl beim Thomas- wie beim Martinprozefs. Hierfür hatte unter anderen G. Mehrtens eifrig gewirkt. 1897 erschien auf Veranlassung der oben genannten Vereine ein deutsches Normalprobebuch, herausgegeben von den Professoren der technischen Hochschule in Aachen, Heinzerling und Intze, und dem Direktor des Eisenwerkes Rote Erde bei Aachen, F. Kintzlé.

Durch die Materialprüfung waren die Vorurteile gegen das Flufseisen nach und nach beseitigt worden, und es haben hierzu Tetmayer und Mehrtens[1]) wesentlich beigetragen. Im Brückenbau wie im Schiffsbau, welche beide Industrieen sich grofsartig entfalteten, wurde weiches Flufseisen sowohl vom Thomas- als auch vom Siemens-Martin-Prozefs zugelassen und in immer zunehmenden Mengen verwendet. Überhaupt nahm die Benutzung des Eisens und namentlich die des Flufseisens von Jahr zu Jahr zu.

Von den zahlreichen Brückenbauten neuester Zeit nennen wir die Rheinbrücken bei Bonn, Düsseldorf und Worms und die kühne Bogenbrücke bei Müngsten, die beiden letztgenannten von Rieppel in Nürnberg entworfen und von der Nürnberger Maschinenbau-Anstalt ausgeführt.

Am 30. Juli 1898 starb Fürst Bismarck, der grofse Staatsmann,

---

[1]) Stahl und Eisen 1887, S. 449.

Digitized by Google

der Gründer des neuen Deutschen Reiches, dem die deutsche Eisenindustrie so viel verdankt. Eine der schönsten Früchte des Zusammenwirkens des grofsen Kanzlers und des edelgesinnten deutschen Kaisers Wilhelm I. waren die Arbeiterschutzgesetze: das Unfallversicherungsgesetz, das Krankenversicherungsgesetz und das Invaliden- und Altersversicherungsgesetz, deren Segen die Last, die es der deutschen Industrie auferlegt, bei weitem aufhebt und die Muster und Beispiel für andere Nationen geworden sind. Überhaupt gereicht das Streben nach Fürsorge für die Arbeiter und die Schaffung von Wohlfahrtseinrichtungen für diese zu besonderem Ruhme und keiner hat dies in grofsartigerer und vielseitigerer Weise bethätigt als der Gufsstahlfabrikant Krupp in Essen.

Fürst Bismarck hat auch den Grund zu Deutschlands Kolonialpolitik gelegt. Diese in Verbindung mit dem mächtigen Aufblühen des Seehandels führte zu einem Aufschwunge des deutschen Schiffsbaues, welcher der Eisenindustrie zu grofsem Nutzen gereichte.

Friedrich Krupp in Essen erwarb 1897 die Germaniawerft bei Kiel und baute sie zu einer grofsartigen Schiffsbau-Anstalt für grofse Panzerschiffe aus. Am 1. Juni 1899 lief das mächtige deutsche Kriegsschiff „Kaiser Wilhelm der Grofse“ mit einer Panzerung aus Nickelstahl von unübertroffener Stärke vom Stapel, aufserdem lag der russische Kreuzer „Askold“ auf Stapel. Aber auch die übrigen deutschen Schiffswerften, besonders Vulkan bei Stettin, Blom & Vofs in Hamburg, Schichau in Elbing und Danzig waren für In- und Ausland reichlich beschäftigt.

Meisterwerke in Material und Ausführung sind die Nickelstahl-Kurbelwellen, welche Friedrich Krupp für die riesigen Schnelldampfer der Hamburg-Amerika-Linie in den letzten Jahren geliefert hat[1]). Die des Schnelldampfers „Deutschland“ ist 18,05 m lang, 640 mm dick und wiegt 101 500 kg. Der Stahl hat 60 kg/qmm Festigkeit und 20 Prozent Dehnung.

Überhaupt hat die Gufsstahl- und die Flufseisenfabrikation Deutschlands sich glänzend entwickelt. Nach E. Schrödter[2]) standen Ende des Jahrhunderts die nachverzeichneten Werke in Betrieb.

---

[1]) Stahl und Eisen 1899, S. 724.

[2]) Gemeinfafsliche Darstellung des Eisenhüttenwesens. 4. Auflage 1901, S. 136 bis 141.

Digitized by Google

I. Liste der deutschen und luxemburgischen Flufseisenwerke mit Walzwerken.

Werke	Konverter				Martinöfen			
	sauer		basisch		sauer		basisch	
	Anzahl	Fassung à	Anzahl	Fassung à	Anzahl	Fassung à	Anzahl	Fassung à
Aachener Hütten-Akt.-Verein Rote Erde bei Aachen	—	—	3	20	—	—	3	25
Annener Gufsstahlwerk, Annen in Westf.	—	—	—	—	2	15	—	—
Bergbau- und Hütten-Aktien-Gesellschaft Friedrichshütte, Abteilung Carl Stein, Wehbach	—	—	—	—	—	—	3	20
Gabriel Bergenthal & Co., Grevenbrück	—	—	—	—	—	—	2	16
Bergische Stahlindustrie, Remscheid	—	—	—	—	—	—	2 3	10 7
Bochumer Verein für Bergbau und Gufsstahlfabrikation, Bochum	3	8	3	6	—	—	7	25
Bremerhütte, Geisweid	—	—	—	—	—	—	2	25
Charlottenhütte, Niederschelden	?	?	?	?	?	?	?	?
Gewerkschaft „Deutscher Kaiser“, Bruckhausen	—	—	4	15	1	15	7	15
Düsseldorfer Röhren- und Eisenwalzwerke, Düsseldorf-Oberbilk	—	—	—	—	—	—	2 2	20 25
Duisburger Eisen- u. Stahlwerke, Duisburg	—	—	—	—	—	—	4	20
Eicken & Co., Hagen-Eckesey	—	—	—	—	—	—	4	12
Eisenindustrie Menden und Schwerte, Schwerte I	—	—	—	—	—	—	5	15
Eisen- und Stahlwerk Hoesch, Dortmund	—	—	3	11	—	—	4	18
Gufsstahlwerk Witten, Witten	—	—	—	—	—	—	2 1	18 25
Geisweider Eisenwerke, Akt.-Ges., Geisweid	—	—	—	—	—	—	3 1 1	10 15 25
Gesellschaft für Stahlindustrie, Bochum	2	$8^1/_2$	—	—	—	—	2	12
Gewerkschaft Glückauf, Dahlhausen	—	—	—	—	—	—	2	15
Gewerkschaft Grillo, Funke & Co., Schalke	—	—	—	—	—	—	3 2	10 16
Gutehoffnungshütte, Oberhausen	—	—	4	15	—	—	6 1	15 4
Hagener Gufsstahlwerke, Hagen	2	0,65	—	—	1	7	1	10
Hahnsche Werke, Grofsenbaum	—	—	—	—	—	—	2	20
Peter Harkort & Sohn, Wetter	—	—	—	—	—	—	4	10
Hasper Eisen- und Stahlwerke, Haspe	—	—	3	6	—	—	—	—
Hörder Bergwerks- u. Hütten-Verein, Hörde	—	—	4	18	1	18	7 2	18 7
Hüstener Gewerkschaft, Hüsten	—	—	—	—	—	—	3	15
Friedr. Krupp, Essen	15	6	—	—	9	10	18	21
Oberbilker Stahlwerk, Düsseldorf-Oberbilk	—	—	—	—	—	—	3	15
Akt.-Ges. Phönix, Laar bei Ruhrort	—	—	3	12,5	1	12	1 4	12 20
Akt.-Ges. Phönix, Eschweiler	—	—	—	—	—	—	4	14
Rasselsteiner Eisenwerks-Gesellschaft m. b. H., Rasselstein bei Neuwied	—	—	—	—	—	—	2	10
Rheinische Stahlwerke, Meiderich bei Ruhrort	—	—	4	8	—	—	4	10
Rheinische Metallwaren- und Maschinenfabrik, Düsseldorf-Rath	—	—	—	—	1	9	3	15

Digitized by Google

Werke	Konverter				Martinöfen			
	sauer		basisch		sauer		basisch	
	Anzahl	Fassung à	Anzahl	Fassung à	Anzahl	Fassung à	Anzahl	Fassung à
Thyssen & Co., Mülheim a. d. Ruhr	—	—	—	—	—	—	2 5	20 12
Union, Akt.-Ges. für Bergbau, Eisen- und Stahlindustrie, Dortmund	—	—	4	18	—	—	4 1	25 8
Westfälische Stahlwerke, Bochum	—	—	—	—	—	—	5 2	18,5 22
Gebr. v. d. Zypen, Köln-Deutz	—	—	—	—	3	13	3 2	13 25
Elsafs.								
de Dietrich & Co., Niederbronn	—	—	—	—	1	3	—	—
Lothringen.								
Lothringer Hütten-Verein Aumetz-Friede, Kneuttingen	—	—	4	20	1	15	1	15
Rombacher Hüttenwerke, Rombach	—	—	4	18	—	—	—	—
de Wendel & Co., Hayingen	—	—	6	12	—	—	—	—
de Wendel & Co., Grofs-Moyeuvre	—	—	3	12	—	—	—	—
Saar.								
Luxemburger Bergwerks- und Saarbrücker Eisenhütten-Akt.-Ges. Burbacher Hütte, Burbach	—	—	4	11	—	—	3	15
Dillinger Hüttenwerke, Dillingen	—	—	3	15	1	15	3 2 1	15 25 30
Eisenwerk Kraemer, St. Ingbert	—	—	2	15	—	—	—	—
Röchlingsche Eisen- und Stahlwerke, Völklingen	—	—	4	15	—	—	—	—
Gebr. Stumm, Neunkirchen (Bez. Trier)	—	—	7	11,5	—	—	1	12
Ph. Weber, G. m. b. H., Hostenbach	—	—	—	—	—	—	3	15
Luxemburg.								
Eisenhütten-Akt.-Verein Düdelingen, Düdelingen	—	—	6	10	—	—	—	—
Akt.-Ges. für Eisen- und Kohlenindustrie, Differdingen-Dannenbaum, Differdingen	—	—	3	20	—	—	—	—
Süddeutschland.								
Eisenwerk-Ges. Maximilianshütte, Rosenberg und Haidhof, Oberpfalz	—	—	3	5,5	—	—	2	15
Hannover.								
Georgs-Marien-Bergwerks- und Hütten-Verein, Osnabrück	2	7,5	—	—	—	—	3	20
Peiner Walzwerk, Peine	—	—	4	15	—	—	—	—
Stahl- und Walzwerk, Rendsburg	—	—	—	—	—	—	2	25
Sachsen.								
Eisenwerks-Ges. Maximilianshütte, König Albert-Werk, Zwickau i. S.	—	—	3	15	—	—	—	—

Werke	Konverter				Martinöfen			
	sauer		basisch		sauer		basisch	
	Anzahl	Fassung à	Anzahl	Fassung à	Anzahl	Fassung à	Anzahl	Fassung à
Königin-Marienhütte, Cainsdorf i. S.	—	—	—	—	—	—	8	10
Akt.-Ges. Lauchhammer Werke, Riesa i. S.	—	—	—	—	—	—	4	13
Sächsische Gufsstahlfabrik Döhlen bei Deuben, Bez. Dresden	2	6	—	—	1	8	1 3	12 17
Oberschlesien.								
Baildonhütte, Kattowitz	—	—	—	—	—	—	3 1	15 20
Eisen- und Stahlwerk Bethlen-Falva, Schwientochlowitz	—	—	—	—	—	—	2	15
Bismarckhütte, Schwientochlowitz	—	—	—	—	—	—	1 3	20 15
Borsigwerk in Borsigwerk	—	—	—	—	—	—	4 4	15 20
Oberschlesische Eisenbahnbedarfs-Akt.-Ges. Friedenshütte, Friedenshütte	—	—	4	12	—	—	2	17
Hubertushütte, Oberlagiewnik	—	—	—	—	—	—	2	20
Huldschinskysche Werke, Gleiwitz	1	8	1	8	—	—	2 1	15 20
Königs- und Laurahütte, Königshütte	1	8	2	8	—	—	4 1	12 10

II. Liste der deutschen Stahl-Formgufswerke.

Werke	Vorhandene Martinöfen			
	sauer		basisch	
	Anzahl	Fassung à	Anzahl	Fassung à
Aachener Hütten-Akt.-Verein Rote Erde (s. I)	—	—	—	—
Annener Gufsstahlwerk, Akt.-Ges., Annen (s. I)	—	—	—	—
Bergische Stahlindustrie, Remscheid (s. I)	—	—	—	—
Bochumer Verein, Bochum (s. I)	—	—	—	—
Carl Bönnhoff, Wetter a. d. Ruhr	2	6,5	—	—
Ludwig Bönnhoff, Wetter a. d. Ruhr	1	5	—	—
Eisen- und Stahlwerk Hoesch, Dortmund (s. I)	—	—	—	—
Eisen- und Stahlwerk Ohligs	—	—	2	10
Fahrendeller Hütte, Winterberg & Jüres, Bochum	1	2	—	—
Gelsenkirchener Gufsstahlwerk vorm. Munscheid, Gelsenkirchen	1 1 1	15 17 25	— — —	— — —
Georgs-Marien-Bergwerks- und Hütten-Verein Osnabrück (s. I)	—	—	—	—
Gewerkschaft Glückauf, Dahlhausen (s. I)	—	—	—	—
Gouvy & Co., Oberhomburg	—	—	1	6
Gufsstahlwerk Mengede	?	?	?	?
Gufsstahlwerk Witten, Witten (s. I)	—	—	—	—
Gutehoffnungshütte, Oberhausen (s. I)	—	—	—	—
Hagener Gufsstahlwerke, Hagen (s. I)	—	—	—	—

Digitized by Google

Werke	Vorhandene Martinöfen			
	sauer		basisch	
	Anzahl	Fassung à	Anzahl	Fassung à
Haniel & Lueg, Düsseldorf-Grafenberg	—	—	1 1	25 40
Heintzmann & Dreyer, Bochum	1	5	—	—
Hörder Bergwerks- u. Hüttenverein, Hörde (s. I)	—	—	—	—
Hüstener Gewerkschaft, Hüsten (s. I)	—	—	—	—
Jünkerather Gewerkschaft, Jünkerath	2	12	—	—
Königs- und Laurahütte (s. I)	—	—	—	—
Stahlwerk Krieger, Düsseldorf-Oberkassel	3	15	—	—
Friedr. Krupp, Essen (s. I)	—	—	—	—
Kruppsches Stahlwerk, Annen	—	—	1 2	16 12
Lindener Eisen- und Stahlwerk, Akt.-Ges., Linden bei Hannover	2	8	—	—
Gebr. Lossen, G. m. b. H., Concordiahütte bei Bendorf a. Rhein	1	5	—	—
Märkisches Stahlwerk, G. m. b. H., Hattingen	1	8	—	—
Oberbilker Stahlwerk, Düsseldorf-Oberbilk (s. I)	—	—	—	—
Oberhausener Stahl- u. Eisengiefserei, Oberhausen	1	2,5	—	—
Oeking & Co., Düsseldorf	2 1	10 12	— —	— —
Wittener Stahlformgiefserei Reunert, Trottmann & Co., G. m. b. H., Witten	1 1	6 10	—	—
Herm. Sellerbeck, Oberhausen	?	?	?	?
Siegen-Solinger Gufsstahl-Akt.-Verein, Solingen	1	7	1	10
Stahlwerk Mannheim, Rheinau, Baden	—	—	2	10
Stahlwerk Schulte, Wetter	?	?	?	?
Union, Akt.-Ges. für Bergbau, Eisen- und Stahlindustrie, Dortmund (s. I)	—	—	—	—
Wittener Hütte, Witten	2	7,5	—	—
Dingler, Karcher & Co., St. Johann a. d. Saar	2	8	—	—
Saarbrückener Gufsstahlwerke, Malstatt-Burbach	—	—	2	17
Gebr. Stumm, Neunkirchen, Bez. Trier	—	—	1	2
Akt.-Ges. Lauchhammer (s. I)	—	—	—	—
Otto Gruson & Co., Magdeburg-Buckau	2	10	—	—
Friedr. Krupp, Grusonwerk, Buckau	—	—	2	8
Borsigwerk in Borsigwerk (s. I)	—	—	—	—
Howaldtswerke, Kiel	1	5,5	—	—
Panzer, Akt.-Ges. Gufsstahlwerk, Wolgast	3	3,5	—	—
Maximilianshütte (s. I)	—	—	—	—
Schichau, Elbing	?	?	?	?
Nordische Elektrizitäts- und Stahlwerke, Danzig	?	?	?	?
Donnersmarckhütte, Akt.-Ges., Zabrze (im Bau)	?	?	?	?
Akt.-Ges. Ferrum, Zawodzie	1	$2^1/_2$	—	—
Sächsische Gufsstahlfabrik, Döhlen (s. I)	—	—	—	—
Ganz & Co., Ratibor	—	—	2	5
Kania & Kuntze, Zawodzie	2	3,5	—	—
Königl. Hüttenamt, Gleiwitz	1	3	—	—
Königl. Hüttenamt, Malapane	1	5	—	—
Königl. Geschützgiefserei, Spandau	?	?	?	?
„ Geschofsfabrik, Siegburg	5	6,5	—	—
„ Bayerische Geschützgiefserei, Ingolstadt	2	3	—	—

Digitized by Google

Zahlengeschichte für das Deutsche Reich und Luxemburg seit 1870.

Steinkohlenförderung in Kilotonnen (= 1 000 000 kg).

	Deutschland	Beschäftigte Arbeiter	Preufsen
1870	34 002	—	—
1871	—	—	25 967
1876	45 336	—	34 466
1881	48 818	—	43 781
1886	58 057	—	52 483
1891	73 717	—	67 528
1894	76 741	—	70 144
1895	79 164	—	72 622
1896	85 640	—	78 994
1897	91 055	—	84 253
1898	96 309	357 695	89 534
(Hierzu Braunkohlen)	31 649	42 812	
1899	101 640	378 575	94 741
(Hierzu Braunkohlen)	34 205	44 745	
1900	109 290	413 693	—
(Hierzu Braunkohlen)	40 498	50 911	

Steinkohlenförderung 1881 in Deutschland.

Preufsen	43 781	Kilotonnen
Bayern	520	„
Sachsen	3 717	„
Übrige Staaten	800	„
Zusammen	48 818	Kilotonnen

Steinkohlenförderung in Preufsen in Kilotonnen.

	1881	1891	1899
Oberbergamtsbezirke:			
Breslau	13 111	21 111	27 960
Halle	30	23	8
Clausthal	387	615	664
Dortmund	23 645	37 403	54 641
Bonn	6 608	8 376	11 468
Zusammen	43 781	67 528	94 741

Digitized by Google

Kokserzeugung in den deutschen Steinkohlenbecken in Tonnen.

	1890	1893	1896	1898
Ruhrkohlenzechen	4 187 780	4 780 489	6 265 338	7 374 320
Oberschlesien inkl. Hütten	1 065 385	1 060 235	1 268 722	1 347 820
Niederschlesien	254 178	366 110	443 361	430 040
Saar	557 353	573 581	743 639	887 000
Bergrevier Aachen	246 923	218 551	310 161	338 442
Obernkirchen	23 888	26 923	27 292	29 515
Königreich Sachsen	76 063	73 329	77 086	72 250
Zusammen	6 411 520	7 099 218	9 135 599	10 479 387

Ein- und Ausfuhr von Steinkohlen in Tonnen.

	Einfuhr	Ausfuhr	Mehr-Ausfuhr
1892	4 436 983	9 649 055	5 212 072
1895	5 117 356	10 360 838	5 243 482
1898	5 820 332	13 989 223	8 168 891
1899	6 220 489	13 943 174	7 722 685

Eisenerzförderung in Deutschland in Kilotonnen.

1871	4368	1886	8 486	1894	12 392
1873	4846	1887	9 351	1895	12 350
1875	4730	1888	10 665	1896	14 162
1878	5462	1889	11 002	1897	15 466
1880	7288	1890	11 406	1898[1]	15 901
1882	8757	1891	10 658	1899[1]	17 990
1884	9005	1892	11 539	1900[1]	18 964
1885	9157	1893	11 458		

Eisenerzförderung nach Staaten in Kilotonnen.

	1873	1882	1885	1888	1894
Preufsen	3 555	4 027	3 926	4 144	4 012
Braunschweig	66	114	106	131	126
Sachsen	26	26	19	11	—
Grofsherzogtum Hessen	171	111	110	118	163
Bayern	115	76	131	119	141
Württemberg	28	20	17	9	—
Elsafs-Lothringen	860	1 360	2 152	2 805	3 992
Übrige Staaten	25	52	48	65	70
Zusammen	4 846	5 786	6 509	7 402	8 434
Luxemburg	1 332	2 477	2 649	3 262	3 958
Insgesamt	6 178	8 263	9 158	10 664	12 392

[1]) 1898: 550 Betriebe, 38 320 Arbeiter; 1899: 565 Betriebe, 40 917 Arbeiter; 1900: 575 Betriebe, 43 803 Arbeiter.

Anteil der wichtigsten Gebiete an der Förderung in Prozenten.

	1873	1882	1885	1888	1894	1898
Preufsen	57,6	48,7	42,9	39,0	32,4	25,3
Elsafs-Lothringen	13,9	16,5	23,5	26,3	31,7	71,1
Luxemburg	21,1	30,0	26,7	30,6	32,1	
Übrige Staaten	3,0	4,8	6,9	4,1	3,8	3,6

Anteil an der Förderung in Tonnen.

	1898	1899
Oberbergamtsbezirk Preufsen:		
Breslau	473 462	476 823
Halle	47 156	—
Clausthal	638 007	660 728
Dortmund	332 985	—
Bonn	2 529 200	2 725 019
Zusammen	4 020 810	3 862 570
Elsafs-Lothringen	5 955 776	6 972 758
Luxemburg	5 348 951	6 014 394
Übrige Gebiete	575 726	1 139 943
Insgesamt	15 901 263	17 989 665

Eisenerzförderung nach Sorten 1878.

Brauneisenstein	3 730 660	Tonnen
Roteisenstein	740 918	„
Magneteisenstein	73	„
Spateisenstein	830 198	„
Kohleneisenstein	155 252	„
	5 457 101	Tonnen

Eisenerzeinfuhr.

1878	321 342	Tonnen
1888	1 163 373	„
1898	3 516 577	„
1899	4 165 000	„

(20 Proz. des Bedarfs)

Eisenerzausfuhr.

1888	2 211 820	Tonnen
1898	2 933 734	„

Digitized by Google

Deutschlands überseeische Eisenerzeinfuhr nach den Herkunftsländern[1]) in Tonnen.

	1896	1897	1898	1899
Spanien und Portugal	948 492	1 063 598	1 240 860	1 528 880
Frankreich	58 499	72 490	65 747	61 583
Italien	27 632	79 413	84 500	73 002
Algier	94 084	155 447	165 539	306 329
Griechenland	33 729	120 467	142 860	141 934
Skandinavien	962 067	1 164 516	1 242 596	1 373 030
Australien und Amerika	6 000	2 600	69 550	175 515
Sonstige Länder	272	233	433	441
Zusammen	2 130 775	2 658 764	3 012 085	3 660 724

Gesamte überseeische Einfuhr von Eisen- und Manganerzen nach den Einfuhrhäfen in Tonnen.

	1896	1897	1898	1899
Über Rotterdam und Amsterdam	1 954 335	2 405 575	2 760 399	3 313 664
Über deutsche Häfen	257 001	323 604	364 191	502 539
Zusammen	2 211 336	2 729 179	3 124 590	3 816 203

Roheisenproduktion, Öfen und Arbeiter.

Jahr	Zahl der Werke	Hochöfen		Betriebsdauer in Wochen	Arbeiter
		vorhanden	in Betrieb		
1871	—	—	306	—	23 191
1872	—	—	348	—	26 111
1873	—	—	397	—	28 129
1874	—	—	339	—	24 342
1875	—	—	279	—	22 760
1876	—	—	246	—	18 556
1877	—	—	212	—	18 188
1878	134	298	212	9 056	16 202
1879	127	291	210	8 952	17 386
1880	140	314	246	10 975	21 117
1881	139	313	251	11 362	21 387
1882	137	316	261	12 087	23 015
1883	136	318	258	11 760	23 515
1884	133	308	252	11 071	23 114
1885	125	298	229	10 758	22 768
1886	119	285	215	9 445	21 470
1887	110	271	212	10 011	21 432
1888	111	271	211	10 103	23 046
1889	108	264	213	10 436	23 985
1890	108	268	222	10 480	24 846
1891	109	270	218	10 322	24 773
1892	109	266	215	10 103	24 325
1893	103	213	204	9 747	24 201
1894	102	258	208	9 878	24 110
1895	104	263	212	9 929	24 059
1896	106	265	229	10 846	26 562
1897	109	273	242	11 661	30 459
1898	109	281	253	11 587	30 778
1899	108	285	263	12 806	36 334
1900	108	298	274	13 252	34 743

[1]) Stahl und Eisen 1901, S. 411.

Digitized by Google

Eisenerzförderung und Hochofenerzeugung von 1871 bis 1900 (nach Dr. Rentzsch).

Jahr	Eisenerzförderung			Hochofenerzeugung				
				Deutsches Reich			Luxemburg	
	Deutsches Reich	Luxemburg	Im ganzen	Masseln	Gufswaren I.	Bruch- und Wascheisen	Roheisen	Zusammen
1871	3 382 596	985 479	4 368 075	1 384 625	72 204	—	142 852	1 563 682
1872	4 724 734	1 170 939	5 895 673	1 746 512	61 333	—	180 549	1 988 394
1873	4 845 833	1 331 743	6 177 576	1 916 647	66 516	—	257 411	2 240 574
1874	3 694 802	1 443 616	5 138 418	1 610 257	49 951	—	246 054	1 906 262
1875	3 677 947	1 052 405	4 730 352	1 711 398	47 653	—	270 337	2 029 389
1876	3 515 253	1 196 729	4 711 982	1 570 957	43 729	—	231 658	1 846 345
1877	3 717 223	1 262 825	4 980 048	1 668 740	34 064	14 554	215 366	1 932 725
1878	4 050 841	1 411 217	5 462 059	1 860 087	28 220	10 956	248 377	2 147 641
1879	4 245 046	1 614 393	5 859 439	1 928 766	25 761	10 824	261 236	2 226 587
1880	5 065 176	2 173 464	7 238 640	2 415 050	36 875	16 447	260 666	2 729 038
1881	5 438 919	2 161 882	7 600 801	2 569 058	34 612	16 694	293 615	2 914 009
1882	5 786 449	2 476 805	8 263 254	2 950 188	37 195	16 825	376 587	3 380 805
1883	6 180 641	2 575 976	8 756 617	3 082 521	36 986	15 524	335 180	3 469 719
1884	6 554 342	2 451 454	9 005 796	3 184 365	34 956	15 293	365 998	3 600 612
1885	6 509 379	2 648 490	9 157 869	3 217 741	35 437	14 645	419 611	3 687 434
1886	6 051 579	2 434 179	8 485 758	3 084 281	30 179	13 556	400 641	3 528 657
1887	6 701 395	2 649 711	9 351 106	3 485 652	31 384	14 878	492 039	4 023 953
1888	7 402 382	3 261 925	10 664 307	3 767 005	30 442	15 898	523 776	4 337 121
1889	7 831 569	3 170 618	11 002 187	3 919 865	29 295	13 664	561 731	4 524 558
1890	8 046 719	3 359 413	11 406 132	4 058 780	32 812	7 937	558 913	4 658 450
1891	7 555 461	3 102 060	10 657 521	4 049 025	36 963	10 235	514 995	4 641 217
1892	8 168 841	3 370 292	11 539 133	4 307 048	34 149	9 748	586 516	4 937 461
1893	8 105 595	3 351 938	11 457 533	4 383 382	34 697	9 635	558 289	4 986 003
1894	8 433 784	3 958 281	12 392 065	4 655 685	34 529	10 007	279 817	5 389 038
1895	8 436 523	3 913 077	12 349 600	4 728 198	31 712	9 777	694 814	5 464 501
1896	9 403 594	4 758 741	14 162 385	5 521 056	32 591	10 029	808 898	6 372 575
1897	10 116 969	5 349 010	15 465 979	5 956 826	41 234	10 948	872 458	6 881 466
1898	10 552 312	5 348 951	15 901 263	6 309 429	45 440	12 031	945 866	7 312 766
1899	11 975 271	6 014 394	17 989 665	7 073 529	48 658	12 477	982 930	8 117 594
1900	12 793 065	6 171 229	18 964 294	7 485 180	50 525	13 950	970 885	8 520 540

Digitized by Google

Hochofenproduktion nach dem Brennmaterial in Tonnen.

Jahr	Verarbeitete Erze: Inländische	Verarbeitete Erze: Ausländische	Mit Holzkohlen	Mit Koks	Mit gemischtem Brennstoff	Zusammen
1878	5 135 740	299 690	43 843	2 098 050	5748	2 147 641
1879	5 212 903	337 924	42 652	2 181 766	2169	2 226 587
1880	6 164 994	496 813	45 319	2 679 136	4582	2 729 038
1881	6 538 877	628 238	44 564	2 861 165	8280	2 914 009
1882	7 482 897	717 743	42 230	3 335 358	3218	3 380 806
1883	9 018 161 [1])		42 622	3 427 097		3 469 719
1884	9 192 375		40 032	3 560 580		3 600 612
1885	9 625 626		30 186	3 647 248		3 687 434
1886	8 948 946		32 393	3 495 765		3 528 658
1887	10 312 356		29 845	3 994 108		4 023 953
1888	11 020 641		26 741	4 310 380		4 337 121
1889	11 489 975		24 927	4 499 631		4 524 558
1890	11 908 846		24 142	4 634 310		4 658 451
1891	11 800 129		25 548	4 615 609		4 641 217
1892	12 601 939		26 222	4 911 239		4 937 461
1893	12 554 966		23 886	4 962 117		4 986 003
1894	13 546 465		20 376	5 359 663		5 380 039
1895	13 765 799		16 879	5 447 622		5 464 501
1896	15 892 672		16 385	6 356 190		6 372 575
1897	17 127 993		16 509	6 864 947		6 881 466
1898	18 183 409		10 202	7 302 504		7 312 766
1899	20 545 309		10 321	8 132 811		8 143 132
1900	21 891 632		12 540	8 508 001		8 520 541

Roheisenerzeugung[2]) nach Sorten in Tonnen.

Jahr	Puddeleisen	Bessemer- und Thomasroheisen	Giefsereiroheisen	Bruch- und Wascheisen	Roheisen Zusammen
1878	1 548 589	447 712	111 734	10 959	2 147 641
1879	1 592 814	461 253	161 696	10 824	2 226 587
1880	1 732 750	731 538	248 302	16 447	2 729 038
1881	1 728 952	886 750	281 613	16 694	2 914 009
1882	1 901 541	1 153 083	309 346	16 835	3 380 806
1883	2 002 195	1 072 357	379 643	15 524	3 469 719

[1]) Verarbeitete Erze und Schlacken.
[2]) Ohne Gufswaren I. Schmelzung.

Jahr	Puddel-eisen	Bessemer- und Thomas-roheisen	Giefserei-roheisen	Bruch- und Wascheisen	Roheisen Zusammen
1884	1 960 438	1 210 353	414 538	15 293	3 600 612
1885	1 885 793	1 300 179	486 816	14 645	3 687 433
1886	1 590 792	1 494 419	429 891	13 556	3 528 658
1887	1 756 067	1 732 484	520 524	14 878	4 023 953
1888	1 898 425	1 794 806	628 293	15 897	4 337 421
1889	1 905 311	1 965 395	640 188	13 664	4 524 558
1890	1 862 895	2 135 799	651 820	7 937	4 658 451
1891	1 553 835	2 337 199	739 948	10 235	4 641 217
1892	1 491 596	2 689 910	746 207	9 748	4 937 461
1893	1 370 298	2 831 635	774 434	9 635	4 986 003
1894	1 334 559	3 160 848	874 624	10 007	5 380 038
1895	1 193 992	3 373 223	887 509	9 777	5 564 501
1896	1 330 838	4 054 761	976 947	10 029	6 372 575
1897	1 256 392	4 481 700	1 132 031	11 343	6 881 466
1898	1 172 802	4 850 368	1 277 565	12 031	7 312 766
1899	1 222 687	5 475 399	1 383 897	12 477	8 094 458
1900	1 099 152	5 983 044	1 373 132	13 950	8 469 278

Konverterroheisen.

Jahr	Bessemerroheisen		Thomasroheisen	
	Tonnen	Prozent	Tonnen	Prozent
1883	495 920	57,3	369 685	42,7
1884	486 083	49,8	488 746	50,2
1885	472 468	41,4	668 065	58,6
1886	426 428	33,7	835 178	66,3
1887	432 090	28,6	1 076 140	71,4
1888	395 878	24,0	1 253 308	76,0
1889	405 490	22,4	1 402 444	77,6
1890	438 527	21,9	1 555 693	78,1
1891	384 196	18,4	1 704 279	81,6
1892	313 819	13,5	2 006 400	86.5
1893	351 240	13,4	2 271 293	86,6
1894	442 614	14,4	2 621 525	85,6
1895	444 495	13,3	2 898 476	86,7
1896	515 352	13,6	3 252 765	86,4
1897	567 828	13,7	3 575 275	86,3
1898	534 674	11,1	4 315 674	88,9
1899	516 950	10.5	4 424 052	89,5

Digitized by Google

Geographische Verteilung der Roheisenerzeugung in Deutschland in Tonnen.

Jahr	Nordwest-deutsche Gruppe: Westfalen, Rheinland ohne Saarbezirk	Ostdeutsche Gruppe: Schlesien	Mittel-deutsche Gruppe: Sachsen-Thüringen	Norddeutsche Gruppe: Prov. Sachsen, Brandenburg, Hannover	Süddeutsche Gruppe: Bayern, Württemberg, Baden, Hessen-Nassau, Elsafs	Südwest-deutsche Gruppe: Saarbezirk, Lothringen und Luxemburg	Deutsches Reich:
1883	1 616 194	388 074	31 018	117 504	640 927	556 871	3 350 588
1884	1 616 568	410 285	27 330	110 654	753 022	617 294	3 535 153
1885	1 661 042	418 068	21 025	110 783	807 080	689 277	3 707 275
1886	1 612 544	373 867	9 989	129 585	700 000	679 162	3 505 147
1887	1 830 476	392 751	15 194	144 514	712 736	811 693	3 907 364
1888	1 946 417	433 821	24 228	151 809	786 314	886 895	4 229 484
1889	2 001 053	480 309	21 833	148 670	828 750	906 889	4 387 504
1890	2 086 233	506 892	17 267	159 072	820 732	972 829	4 563 025
1891	2 036 403	481 605	21 595	158 021	804 970	949 425	4 452 019
1892	2 073 813	468 782	24 230	155 825	975 335	1 095 018	4 793 003
1893	2 315 950	471 828	12 326	204 897	800 159	1 147 988	4 953 148
1894	2 631 916	512 500	—	263 439	904 499	1 246 968	5 559 322
1895	2 765 427	531 451	—	264 923	974 685	1 252 312	5 788 798
1896	3 278 795	613 211	—	275 502	818 650	1 374 824	6 360 982

Verteilung der deutschen Roheisenerzeugung nach Sorten und Bezirken in Tonnen.

a) Nordwestliche Gruppe:

Jahr	Puddel und Spiegel	Giefserei	Bessemer	Thomas	Zusammen
1883	862 737	132 411	428 314	192 732	1 616 194
1884	845 783	99 441	425 304	246 040	1 616 568
1885	803 786	128 182	409 982	319 092	1 661 042
1886	757 481	93 726	383 733	377 604	1 612 544
1887	772 955	178 796	380 995	497 730	1 830 476
1888	857 339	191 910	336 372	560 796	1 946 417
1889	858 768	181 770	364 947	595 568	2 001 053
1890	834 595	195 150	403 832	652 656	2 086 233
1891	759 713	212 411	361 000	703 279	2 036 403
1892	778 599	206 934	291 951	796 329	2 073 813
1893	728 916	340 880	291 626	954 538	2 315 950
1894	740 570	403 366	360 315	1 127 665	2 631 916
1895	721 978	410473	365 250	1 267 726	2 765 427
1896	868 709	437 567	422 277	1 549 747	3 278 395

b) Ostdeutsche Gruppe:

Jahr	Puddel und Spiegel	Giefserei	Bessemer	Thomas	Zusammen
1883	335 835	15 608	36 631	—	388 074
1884	362 210	20 636	25 314	2 125	410 285
1885	340 328	19 651	30 059	28 030	418 068
1886	290 727	21 266	19 263	42 611	473 867
1887	296 856	20 950	23 324	51 621	392 751
1888	311 543	20 280	27 965	74 033	433 821
1889	340 161	26 248	23 041	90 859	480 309
1890	338 769	27 977	12 497	127 649	506 892
1891	294 682	33 838	5 856	147 229	481 605
1892	329 651	33 030	4 478	101 623	468 782
1893	335 395	34 852	25 035	76 546	471 828
1894	333 725	40 017	32 200	106 558	512 500
1895	327 210	37 442	33 862	132 937	531 451
1896	351 420	52 751	31 084	177 956	613 211

c) Mitteldeutsche Gruppe:

Jahr	Puddel und Spiegel	Giefserei	Bessemer	Thomas	Zusammen
1883	6 542	12 841	11 635	—	31 018
1884	7 580	7 285	12 465	—	27 330
1885	4 787	1 801	14 437	—	21 025
1886	2 396	4 491	3 102	—	9 989
1887	4 443	3 260	7 491	—	15 194
1888	8 501	3 984	11 743	—	24 228
1889	8 259	13 212	362	—	21 833
1890	5 763	7 106	4 398	—	17 267
1891	7 694	13 901	—	—	21 595
1892	12 077	12 153	—	—	24 230
1893	6 882	5 444	—	—	12 326
1894	—	—	—	—	—
1895	—	—	—	—	—
1896	—	—	—	—	—

d) Norddeutsche Gruppe:

Jahr	Puddel und Spiegel	Giefserei	Bessemer	Thomas	Zusammen
1883	40 556	15 998	—	60 950	117 504
1884	30 220	14 158	—	66 276	110 654
1885	22 312	5 835	—	82 636	110 783
1886	9 480	10 853	—	94 252	114 585
1887	8 403	30 517	—	105 594	144 514
1888	3 300	35 712	—	112 767	151 809
1889	9 601	33 073	—	105 996	148 670
1890	5 200	30 341	—	123 531	159 072
1891	8 318	23 670	—	126 033	158 021
1892	2 510	24 669	—	128 646	155 825
1893	5 717	45 642	17 929	135 609	204 897
1894	16 669	58 058	35 539	153 173	263 429
1895	12 950	52 103	35 968	163 902	264 923
1896	6 123	53 135	45 796	170 448	275 502

e) Süddeutsche Gruppe:

Jahr	Puddel und Spiegel	Gießerei	Bessemer	Thomas	Zusammen
1883	445 086	114 796	19 340	61 705	640 927
1884	458 885	180 837	23 000	90 300	753 022
1885	486 199	186 459	17 990	116 432	807 080
1886	206 817	152 476	20 330	141 133	520 756
1887	313 645	167 706	20 280	211 105	712 736
1888	329 285	180 950	19 798	256 281	786 314
1889	304 108	191 882	17 140	315 620	828 750
1890	291 625	190 453	17 800	320 854	820 732
1891	187 195	216 143	17 340	384 292	804 970
1892	260 067	252 903	17 390	444 975	975 335
1893	213 803	213 793	16 650	355 913	800 159
1894	199 912	259 903	14 560	430 115	904 499
1895	192 233	289 337	9 415	483 700	914 685
1896	162 010	254 780	15 700	386 160	818 650

f) Südwestdeutsche Gruppe:

Jahr	Puddel und Spiegel	Gießerei	Bessemer	Thomas	Zusammen
1883	466 620	35 953	—	54 298	556 871
1884	486 121	47 168	—	84 005	617 294
1885	488 885	78 517	—	221 875	689 277
1886	418 538	81 046	—	179 578	679 162
1887	510 026	91 576	—	210 090	811 693
1888	554 048	83 446	—	249 401	886 895
1889	526 780	85 708	—	294 401	906 889
1890	553 187	88 639	—	331 003	972 829
1891	489 528	116 451	—	343 446	949 425
1892	459 263	100 928	—	534 827	1 095 018
1893	273 572	125 719	—	748 697	1 147 988
1894	317 875	125 079	—	804 014	5 559 322
1895	269 963	132 138	—	850 216	1 252 313
1896	300 938	105 432	—	968 454	1 374 824

Geographische Verteilung der Roheisenerzeugung seit 1897.

Jahr	Rheinland-Westfalen ohne Saarbezirk und ohne Siegerland	Siegerland, Lahnbezirk u. Hessen-Nassau	Schlesien und Pommern	Königreich Sachsen	Hannover und Braunschweig	Bayern, Württemberg u. Thüringen	Saarbezirk, Lothringen und Luxemburg	Zusammen: Deutsches Reich und Luxemburg
1897	2 683 537	730 668	681 729	10 116	319 489	122 439	2 341 079	6 889 067
1898	2 990 325	657 491	747 731	24 279	329 139	124 962	2 528 790	7 402 717
1899	3 186 704	678 054	825 019	25 391	349 156	145 222	2 819 759	8 029 305
1900	3 270 373	739 895	847 648	25 598	344 012	143 777	3 051 539	8 422 842

Digitized by Google

Verteilung der deutschen Roheisenerzeugung nach Sorten und Bezirken seit 1897.

Jahr	Puddel und Spiegel	Giefserei	Bessemer	Thomas	Zusammen
Rheinland-Westfalen ohne Saarbezirk und ohne Siegerland:					
1897	326 446	514 981	421 851	1 420 259	2 683 537
1898	345 890	550 781	399 154	1 694 500	2 990 325
1900	329 868	600 418	397 181	1 859 237	3 186 704
Siegerland, Lahnbezirk und Hessen-Nassau:					
1897	516 502	146 653	34 342	23 181	730 678
1898	446 032	150 018	31 688	29 753	657 491
1899	493 069	146 210	20 350	18 425	678 054
Schlesien und Pommern:					
1897	385 066	60 090	46 565	190 008	681 729
1898	379 677	120 483	46 662	200 909	747 731
1899	393 571	145 272	53 801	232 375	825 019
Königreich Sachsen:					
1897	3 909	6 207	—	—	10 116
1898	13 098	11 181	—	—	24 279
1899	15 904	9 487	—	—	25 391
Hannover und Braunschweig:					
1897	5 625	60 135	49 860	203 669	319 489
1898	5 450	59 221	48 920	215 548	329 139
1899	6 906	73 211	45 618	223 421	349 156
Bayern, Württemberg und Thüringen:					
1897	29 670	26 919	49 860	50 640	122 439
1898	24 152	26 045	8 250	66 515	124 962
1899	19 940	24 972	—	100 310	145 222
Saarbezirk, Lothringen und Luxemburg:					
1897	342 138	311 423	—	1 687 518	2 341 079
1898	349 850	384 093	—	1 794 901	2 528 790
1899	404 313	425 162	—	1 990 284	2 819 759

Digitized by Google

Fabrikate aus Roheisen in Tonnen (nach Dr. Rentzsch).

Fabrikate	1871	1872	1873	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880
Deutsches Reich:										
I. Gufseisen:										
a) Gufswaren I. Schmelzung	72 204	61 333	66 516	49 951	47 653	43 729	34 064	28 220	25 761	36 874
b) „ II. „	345 419	490 850	522 724	486 995	483 297	434 734	420 486	412 679	446 810	513 144
II. Schweifseisen:										
a) Rohluppen u. Rohschienen zum Verkauf							46 262	61 540	65 466	90 887
b) Cementstahl zum Verkauf							162	103	188	286
c) Fertige Eisenfabrikate							1 036 830	1 131 800	1 150 023	1 267 297
II. Flufseisen:	1 337 273	1 594 689	1 583 986	1 753 380	1 609 294	1 504 197				
a) Rohstahlluppen und Rohschienen zum Verkauf							806	69	15 038	28 406
b) Tiegelgufsstahl z. Verkauf							7 707	5 577	7 517	7 768
c) Fertige Flufseisenfabrikate							402 643	483 503	478 344	624 418
Zusammen im Deutschen Reiche	1 754 898	2 146 873	2 173 226	2 290 327	2 140 246	1 982 660	1 948 963	2 123 494	2 189 151	2 569 081
Luxemburg:										
I. Gufseisen:										
a) Gufswaren I. Schmelzung	—	—	—	—	—	1 158	—	430	—	—
b) „ II. „	1 515	1 258	1 413	1 309	1 341	1 370	1 269	1 394	1 204	1 702
II. Schweifseisen:										
c) Fertige Eisenfabrikate	—	—	—	5 000	3 750	3 975	3 010	—	—	—
Zusammen Luxemburg	1 515	1 258	1 413	6 309	5 091	6 503	4 280	1 825	1 204	1 702
Insges. Deutschland u. Luxemburg	1 756 413	2 148 132	2 174 639	2 296 637	2 145 337	1 989 163	1 953 243	2 125 320	2 190 356	2 570 783

Digitized by Google

Fabrikate	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887
Deutsches Reich:							
I. Gufseisen:							
a) Gufswaren I. Schmelzung	34 642	37 195	36 986	34 956	35 437	30 179	31 384
b) „ II. „	558 643	623 752	652 290	697 167	672 476	701 565	759 754
II. Schweifseisen:							
a) Rohluppen und Rohschienen zum Verkauf	72 406	89 360	120 092	98 950	83 981	51 264	75 642
b) Cementstahl zum Verkauf	367	386	254	250	409	235	150
c) Fertige Eisenfabrikate	1 349 019	1 496 408	1 448 365	1 483 261	1 405 682	1 352 538	1 549 185
III. Flufseisen:							
a) Ingots zum Verkauf	45 530	60 853	200 778 (a + b)				
b) Blooms, Billets u. s. w. zum Verkauf	11 670	10 547		275 970	308 348	421 770	574 520
c) Fertige Flufseisenfabrikate	840 224	1 003 406	859 813	862 529	893 742	954 586	1 163 884
Zusammen im Deutschen Reiche	2 912 501	3 321 907	3 318 578	3 453 083	3 400 075	3 512 137	4 154 519
Luxemburg:							
I. Gufseisen:							
a) Gufswaren I. Schmelzung	—	—	—	328	4 662	—	—
b) „ II. „	1 579	1 726	1 827	1 670	1 440	2 585	3 774
II. Schweifseisen u. Flufseisen:							
c) Fertige Eisenfabrikate	—	—	2 700	10 500	14 900	11 574	?
Zusammen Luxemburg	1 579	1 726	4 527	12 498	21 002	14 159	3 774
Insges. Deutschland und Luxemburg	2 914 080	3 323 633	3 323 105	3 465 581	3 421 077	3 526 296	4 158 293

Digitized by Google

Fabrikate	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894
Deutsches Reich:							
I. Gufseisen:							
a) Gufswaren I. Schmelzung . .	30 442	29 295	32 812	36 963	34 149	34 697	34 529
b) „ II. „ . .	833 636	984 979	1 021 475	1 013 254	1 005 099	1 042 517	1 112 861
II. Schweifseisen:							
a) Rohluppen und Rohschienen Verkauf	85 000	75 880	71 901	68 888	83 654	94 066	77 008
b) Cementstahl zum Verkauf . .	645	632	504	223	352	1 729	—
c) Fertige Eisenfabrikate	1 558 798	1 673 449	1 486 658	1 411 653	1 279 287	1 078 065	1 061 808
III. Flufseisen:							
a) Ingots zum Verkauf	103 029	147 066	147 072	171 530	238 036	230 185	265 488
b) Blooms, Billets u. s. w. zum Verkauf	461 073	522 974	471 244	549 956	541 446	701 384	767 423
c) Fertige Flufseisenfabrikate . .	1 298 574	1 425 439	1 613 783	1 841 063	1 976 735	2 231 873	2 608 313
Zusammen im Deutschen Reiche	4 371 197	4 859 714	4 845 449	5 104 900	5 158 758	5 414 516	5 927 430
Luxemburg:							
I. Gufseisen:							
a) Gufswaren I. Schmelzung . .	—	—	—	—	—	—	—
b) „ II. „ . .	4 615	4 643	5 909	7 063	6 281	7 764	8 328
II. Schweifseisen u. Flufseisen:							
c) Fertige Eisenfabrikate	?	?	?	?	?	?	?
Zusammen Luxemburg	4 615	4 643	5 909	7 063	6 281	7 764	8 328
Insges. Deutschland und Luxemburg	4 375 812	4 864 357	4 851 358	5 111 963	5 165 039	5 422 280	5 935 758
Abgeschätzte Werke	—	—	—	—	—	17 200	22 400
	—	—	—	—	—	5 439 480	5 958 158
Wert in Mark	—	—	—	715 479 668	675 417 653	670 910 718	695 635 566

Digitized by Google

Fabrikate	1895	1896	1897	1898	1899	1900
Deutsches Reich:						
I. Gufseisen:						
a) Gufswaren I. Schmelzung . .	31 712	32 591	41 234	45 440	48 672	51 262
b) „ II. „ . .	1 146 088	1 354 750	1 440 455	1 572 975	1 757 174	1 812 604
II. Schweifseisen:						
a) Rohluppen und Rohschienen zum Verkauf	83 826	86 450	79 641	82 911	79 232	69 274
b) Cementstahl zum Verkauf . .	242	250	252	—	—	—
c) Fertige Eisenfabrikate	992 652	1 111 209	1 031 690	1 077 363	1 124 612	946 352
III. Flufseisen:						
a) Ingots zum Verkauf	283 294	411 266	362 529	441 601	467 721	352 935
b) Blooms, Billets u. s. w. zum Verkauf	848 163	946 979	910 560	986 572	1 040 670	1 183 128
c) Fertige Flufseisenfabrikate . .	2 830 468	3 462 276	3 863 468	4 352 831	4 820 275	4 825 587
Zusammen im Deutschen Reiche	6 216 445	7 405 771	7 729 827	8 559 693	9 338 956	9 044 397
Luxemburg:						
I. Gufseisen:						
a) Gufswaren I. Schmelzung . .	—	—	1 680	—	—	758
b) „ II. „ . .	8 747	9 308	9 098	9 359	11 154	11 293
II. Schweifseisen u. Flufseisen:						
c) Fertige Eisenfabrikate	?	?	?	?	?	?
Zusammen Luxemburg	8 747	9 308	10 778	9 359	11 154	196 715
Insges. Deutschland und Luxemburg	6 225 192	7 415 079	7 740 605	8 569 052	9 350 110	9 241 142
Abgeschätzte Werke	22 000	22 760	23 670	15 100	7 965	—
	6 247 192	7 437 839	7 764 275	8 584 152	9 358 075	9 241 142
Wert in Mark	721 847 875	920 134 813	1 014 365 602	1 147 734 498	1 359 898 000	1 501 035 988

Digitized by Google

Insgesamt die zum Verkauf hergestellten Artikel dem Werte nach in Mark.

	1894	1895	1896
Gufseisen I. Schmelzung	3 652 691	3 226 209	3 346 994
„ II. „	179 847 257	188 656 084	230 245 300
Schweifseisen und Schweifsstahl . .	130 024 561	121 521 290	150 119 924
Flufseisen und Flufsstahl	386 588 057	412 874 292	540 836 295
Zusammen	700 112 566	726 277 875	924 548 513

	1898	1899	1900
Gufseisen I. Schmelzung	4 235 769	5 657 000	6 378 000
„ II. „	280 014 702	330 600 500	352 289 000
Schweifseisen und Schweifsstahl . .	157 547 613	186 259 450	179 330 980
Flufseisen und Flufsstahl	709 586 414	839 135 000	963 038 000
Zusammen	1 151 384 498	1 361 651 950	1 501 035 980

Eisengiefserei.

Gufswarenerzeugung in Tonnen.

Jahr	I. Schmelzung (Hochofengufs)	II. Schmelzung				Insgesamt die Gufswaren I. und II. Schmelz.
		Gewicht	Zahl der Werke	Arbeiter	Preis pro Tonne in Mark	
	17,3 Proz.	82,7 Proz.				
1871 . . .	72 204	345 419	—	—	—	417 623
1872 . . .	61 333	490 850	—	—	—	452 183
1873 . . .	66 516	522 724	—	—	—	589 240
1874 . . .	49 951	486 295	—	—	—	536 946
1875 . . .	47 653	483 297	—	—	—	530 956
1876 . . .	43 729	434 734	—	—	—	478 463
1877 . . .	34 064	420 486	—	—	—	454 550
1878 . . .	28 220	414 073	957	31 769	182,20	442 293
1879 . . .	25 761	448 016	1010	32 625	187,31	473 777
	6,7 Proz.	93,3 Proz.				
1880 . . .	36 874	514 847	1034	35 667	183,97	551 721
1881 . . .	34 642	560 222	1058	37 197	181,99	594 864
1882 . . .	37 195	625 477	1061	40 605	183,09	662 672

Jahr	I. Schmelzung (Hochofenguſs)	II. Schmelzung				Insgesamt die Guſswaren I. und II. Schmelz.
		Gewicht	Zahl der Werke	Arbeiter	Preis pro Tonne in Mark	
1883 . . .	36 986	654 117	1056	43 012	182,39	691 073
1884 . . .	34 956	697 167	1069	45 726	176,59	732 123
1885 . . .	40 099	673 916	1072	46 161	169,65	714 015
1886 . . .	30 179	704 150	1075	45 813	161,49	734 329
1887 . . .	31 384	763 528	1097	48 668	160,65	794 912
1888 . . .	30 442	838 251	1099	53 326	164,22	868 693
1889 . . .	29 295	989 621	1119	59 437	174,73	1 018 916
	3,1 Proz.	96,9 Proz.				
1890 . . .	32 812	1 027 384	1148	63 960	181,62	1 060 196
1891 . . .	36 964	1 028 387	1160	62 743	171,77	1 065 351
1892 . . .	34 149	1 011 380	1193	61 293	164,12	1 045 529
1893 . . .	34 697	1 050 281	1221	63 552	166,64	1 084 978
1894 . . .	34 529	1 139 090	1276	66 131	157,89	1 174 219
1895 . . .	31 712	1 172 435	1280	67 903	160,91	1 204 147
1896 . . .	32 591	1 384 008	1267	74 536	166,36	1 416 599
1897 . . .	42 923	1 473 211	1216	79 844	171,48	1 516 134
1898 . . .	45 440	1 597 434	1213	85 435	175,29	1 642 874
	2,7 Proz.	97,3 Proz.				
1899 . . .	48 672	1 776 878	1238	91 613	186,04	1 825 580
1900 . . .	50 525	1 812 604	1253	95 548	194,35	1 863 129

Guſswarenerzeugung II. Schmelzung in Tonnen.

Jahr	Eingeschmolzenes Roheisen			Guſswaren
	inländisches	ausländisches	Summe	Produktion
1872	232 500 [1]	322 050	554 550	490 850
1873	246 916 [1]	343 859	590 675	522 724
1874	246 527 [1]	308 423	554 950	486 999
1875	236 567	311 013	547 580	483 297
1876	207 897 [1]	286 717	494 614	434 734
1877	231 802 [1]	243 348	475 150	420 485
1878	233 297	247 906	481 203	414 073

[1]) Berechnet.

Digitized by Google

Übersicht über die Erzeugung von Giefserei-Roheisen und Gufswaren, sowie die Einfuhr von Roheisen.

	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887
Giefserei-Roheisenerzeugung[1])	135 935	211 428	246 971	272 151	342 657	379 243	446 717	399 712	489 140
Gufswaren I. Schmelzung	25 761	36 874	34 642	37 195	36 986	35 285	40 099	30 179	31 384
Gesamt-Giefserei-Eisenerzeugung	161 696	248 302	281 613	309 346	379 643	414 528	486 816	429 891	520 524
Gesamt-Roheisenerzeugung[1])	2 226 587	2 729 038	2 914 009	3 380 806	3 469 719	3 600 612	3 687 434	3 548 658	4 023 953
Gufswaren II. Schmelzung	448 016	514 847	560 222	625 477	654 117	698 837	673 916	704 150	763 528
Hierzu verschmolzenes Roh- und Brucheisen	516 981	583 352	643 937	725 127	740 166	788 127	761 222	813 153	871 415
Einfuhr ausländischen Eisens	259 438	247 988	255 000	282 958	274 820	264 501	215 973	164 864	157 102
Hiervon englisches	—	—	—	229 114	253 962	246 365	201 696	151 952	134 991

	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896
Giefserei-Roheisenerzeugung[1])	597 851	610 893	619 008	702 984	712 058	739 737	840 095	855 797	944 356
Gufswaren I. Schmelzung	30 442	29 295	32 812	36 964	34 149	34 697	34 529	31 712	32 591
Gesamt-Giefserei-Eisenerzeugung	628 293	640 188	651 820	739 948	746 207	774 434	874 624	887 509	976 947
Gesamt-Roheisenerzeugung[1])	4 337 121	4 524 558	4 658 451	4 641 217	4 937 461	4 986 003	5 380 039	5 461 501	6 372 575
Gufswaren II. Schmelzung	838 251	989 621	1 027 384	1 028 387	1 011 380	1 050 281	1 139 090	1 172 435	1 384 008
Hierzu verschmolzenes Roh- und Brucheisen	965 347	1 137 228	1 181 278	1 184 658	1 172 490	1 234 490	1 307 116	1 341 302	1 570 155
Einfuhr ausländischen Eisens	216 957	339 246	384 953	244 256	209 306	218 998	203 948	188 217	322 501
Hiervon englisches	197 616	276 230	314 122	216 537	175 023	191 643	182 056	160 504	284 297

[1]) Aus der amtlichen Statistik; die übrigen Tabellen sind zum Teil der Statistik des Dr. Rentzsch entlehnt, woraus sich die Unterschiede erklären.

Digitized by Google

Eisengiefserei (Gufswaren II. Schmelzung) nach Dr. Rentzsch.

	1894	1895	1896	1898	1899	1900
Produzierende Werke	1 276	1 280	1 267	1 218	1 238	1 253
Arbeiter	66 131	67 903	74 536	85 435	91 613	95 548
Verschmolzenes Roh- und Brucheisen	1 307 116	1 341 302	1 570 155	1 824 165	2 038 168	2 090 007
Erzeugung: Geschirrgufs	69 905	73 588	88 684	91 952	102 977	111 831
Röhren	189 932	165 022	195 047	212 425	243 173	271 964
Sonstige Gufswaren	861 953	916 225	1 080 327	1 277 957	1 422 778	1 412 559
Abgeschätzte Giefsereien	17 900	17 600	19 950	15 100	7 950	16 250
Zusammen Gufswaren	1 139 690	1 172 435	1 384 008	1 597 434	1 776 878	1 812 604
Wert in Mark	179 847 257	188 656 084	230 245 306	280 014 702	330 600 500	352 289 000
Wert einer Tonne in Mark	157,80	160,91	166,36	175,29	186,05	194,53

Erzeugungsmengen von gufseisernen Röhren[1].

	1878	1880	1882	1883	1884	1885	1886	1888
Röhren aus Hochofengufs	10 503	9 733	9 305	9 523	9 936	11 321	8 679	8 255
Röhren aus umgeschmolzenem Roheisen	50 407	55 165	70 458	69 312	90 157	85 572	106 785	116 217
Gesamt-Röhrenerzeugung	115 464	96 893	100 093	78 835	79 763	64 898	60 910	124 472

	1889	1890	1891	1892	1893	1896	1897	1898
Röhren aus Hochofengufs	6 500	11 888	14 069	13 799	14 049	13 267	19 493	34 996
Röhren aus umgeschmolzenem Roheisen	136 850	142 146	157 378	166 572	188 003	195 047	195 020	212 425
Gesamt-Röhrenerzeugung	143 410	154 034	171 447	180 371	202 052	208 314	214 513	247 421

[1]) Nach der amtlichen Statistik.

Schweifseisen und Schweifsstahl.

	1878	1880	1885	1890	1892	1894	1896	1897	1898	1899	1900
Werke in Betrieb . . .	346[1]	335	313	255	246	213	193	186	176	175	174
Arbeiter	45 695	51 185	54 114	53 970	45 989	38 851	39 684	39 958	38 135	37 667	38 145
Halbfabrikate zum Verkauf:											
Rohluppen und Rohschienen	11 542	90 887	91 781	71 901	83 654	77 008	86 450	79 641	82 911	79 232	69 274
Cementstahl	103	286	409	504	352	—	250	252	—	—	—
Zusammen die Halbfabr.	11 645	91 173	92 190	72 405	84 006	77 008	86 700	79 893	82 911	79 232	69 274
Wert einer Tonne . . .	145,20	147,60	75,95	95,66	78,64	72,47	83,09	92,46	89,04	107,58	127,70
Fabrikate:											
Eisenbahnschienen u. Befestigungsteile . .	76 711	56 565	23 632	11 232	7 366	6 485	1 802	6 511	11 929	15 717	18 867
Bahnschwellen u. Befestigungsteile . . .	75 027	46 499	27 710	16 200	13 030	204	159	509	507	96	154
Eisenbahnachsen, -räder, -reifen . . .	15 602	11 839	9 225	15 570	7 494	10 865	5 654	13 348	12 070	8 509	8 283
Handelseisen, Façon-, Bau- und Profileisen	562 138	671 355	820 754	1 027 429	887 289	820 679	887 651	793 588	829 877	902 926	748 739
Platten und Bleche (schwarz)	147 378	200 875	246 037	231 283	177 734	111 185	99 368	109 591	108 324	66 971	55 128
Weifsblech	8 582	8 869	4 892	—	724	—	—	—	—	—	—
Draht	178 361	222 322	220 811	122 017	124 072	57 442	35 639	34 073	33 416	32 606	26 900
Röhren	4 845	5 165	12 170	15 472	16 038	22 861	42 203	37 735	46 737	62 332	49 270
Andere Eisen- u. Stahlsorten (Maschinen- u. Schmiedestücke etc.)	63 154	42 806	47 551	47 455	45 540	32 086	38 350	36 336	34 503	35 455	38 993
Abgeschätzte Werke . .	—	—	—	—	—	4 600	2 350	—	—	15	18
Zusammen die Fabrikate	1 181 800	1 267 297	1 412 782	1 486 658	1 279 287	1 061 808	1 113 559	1 031 691	1 077 363	1 124 627	946 352
Wert einer Tonne . . .	115,20	147,60	124,84	153,04	126,75	116,63	128,34	137,61	139,38	158,01	180,15
Insgesamt die Halb- und Ganzfabrikate	1 193 445	1 358 470	1 504 972	1 559 063	1 363 293	1 138 816	1 200 259	1 111 584	1 160 274	1 203 859	1 015 626

[1]) 178 Frischfeuer, 1533 Puddelöfen, 10 Rennfeuer.

Digitized by Google

Schweifseisen und Schweifsstahl 1886 bis 1887 in Preufsen.

	1886	1887
Westpreufsen	1 813	1 542
Schlesien	228 354	255 918
Sachsen	10 152	11 767
Hannover	10 120	9 878
Westfalen	383 897	418 041
Hessen-Nassau	15 135	16 607
Rheinlande	518 499	610 572
Übrige preufsische Gebiete	3 255	3 020
Preufsen zusammen	1 171 225	1 327 445

Erzeugung von wichtigen Schweifseisen- und

Jahr	Eisenbahnschienen und Befestigungsmaterial		Handelseisen, Profil- und Baueisen	
	Schweifseisen	Flufseisen	Schweifseisen	Flufseisen
1871	320 619	128 406	—	—
1872	320 996	179 092	—	—
1873	385 601	186 643	—	—
1874	364 978	237 894	—	—
1875	227 976	241 505	—	—
1876	126 288	253 746	—	—
1877	105 070	334 136	524 572	5 087
1878	76 711	380 457	562 138	7 451
1879	44 907	341 050	596 888	6 048
1880	56 565	424 462	671 355	12 784
1881	36 981	522 706	712 274	12 831
1882	31 686	532 265	804 558	25 599
1883	19 851	473 560	798 749	21 908
1884	9 909	400 248	881 828	35 412
1885	23 632	422 349	820 754	56 580
1886	13 384	391 635	840 706	69 182
1887	9 812	456 219	1 015 089	111 859
1888	21 324	435 189	1 036 266	191 561
1889	23 409	427 899	1 108 735	280 610
1890	11 232	559 746	1 027 429	307 910
1891	8 199	596 209	972 965	361 660
1892	7 366	535 494	887 894	515 173
1893	11 710	483 288	807 894	694 647
1894	6 485	568 819	820 679	875 001
1895	1 493	493 855	789 804	1 020 700
1896	1 802	580 732	867 651	1 332 491
1897	6 511	792 610	793 588	1 554 995
1898	11 929	807 171	829 877	1 858 986
1899	15 717	792 013	902 926	2 132 113

[1]) Stahl und Eisen 1897, S. 339, aus den Nachweisungen des statistischen Amtes.

Digitized by Google

Schweifseisen und Schweifsstahl 1886 bis 1887 in den einzelnen Ländern.

	1886	1887
Bayern	59 796	73 638
Sachsen	24 432	32 239
Württemberg	8 033	5 520
Braunschweig	4 010	6 348
Elsafs-Lothringen	136 541	166 107
Übrige deutsche Staaten einschl. Luxemburg	14 574	13 681
Übrige Länder	247 386	297 533
Schweifseisen und Schweifsstahl in Preufsen und den übrigen Ländern zusammen	1 418 611	1 624 978
(Flufseisen	1 376 356	1 738 404)

Flufseisenfabrikaten 1871 bis 1896 in Metertonnen[1]).

Blech (aufser Weifsblech)		Draht		Insgesamt diese Fertigfabrikate	
Schweifseisen	Flufseisen	Schweifseisen	Flufseisen	Schweifseisen	Flufseisen
99 119	—	65 962	—	1 179 794	250 947
117 425	—	102 659	—	1 178 393	285 582
96 046	—	74 705	—	1 166 891	310 425
111 195	—	88 058	—	1 196 986	361 946
120 632	—	121 357	153	1 088 785	347 336
109 493	3	132 526	7	990 368	366 140
138 075	1 176	146 450	178	1 086 264	411 156
147 378	2 053	178 361	493	1 193 444	489 151
174 105	1 897	188 902	4 034	1 150 023	478 344
200 875	3 852	222 322	10 800	1 267 297	624 418
231 292	5 682	233 422	58 615	1 349 019	840 224
260 511	9 132	254 018	124 003	1 496 408	1 003 406
273 884	12 588	214 361	145 030	1 448 365	859 813
252 579	24 165	222 903	186 202	1 483 261	862 529
246 037	40 766	220 511	174 313	1 405 682	893 742
231 319	69 915	188 172	221 838	1 352 538	954 586
246 932	88 791	185 032	259 591	1 549 185	1 163 884
239 416	140 564	176 310	235 059	1 558 798	1 298 574
248 733	194 031	216 019	183 311	1 673 449	1 425 439
231 283	186 311	122 017	217 264	1 486 658	1 613 783
206 601	218 554	124 780	277 800	1 411 653	1 841 063
177 734	252 620	124 072	312 998	1 279 287	1 976 735
118 474	309 391	57 699	394 676	1 078 065	2 231 873
111 185	354 327	57 442	447 126	1 061 808	2 608 313
91 318	448 253	36 818	465 647	992 652	2 830 468
				(1 113 556)	(3 462 736)
99 368	566 822	35 639	513 375	1 046 845	3 437 981
109 591	574 097	34 073	478 834	1 031 691	3 863 469
108 324	658 986	33 416	442 651	1 077 363	4 352 831
66 971	773 511	32 606	479 721	1 124 627	4 820 275

Digitized by Google

Flufseisen und Flufsstahl (nach Dr. Rentzsch).

	1878	1880	1885	1890	1892	1894	1896	1897	1898	1899	1900
Werke	50	53	84	115	122	147	154	164	170	177	189
Arbeiter	14 562	20 116	30 480	52 828	61 093	69 372	83 302	91 526	106 459	120 983	124 665
Halbfabrikate zum Verkauf:											
Blöcke	—	—	43 341	147 072	238 036	265 488	411 266	362 529	441 601	467 721	352 935
Blooms, Billets, Platinen	—	—	265 007	471 244	541 446	767 423	946 979	910 560	986 572	1 040 670	1 183 128
Zusammen die Halbfabr.	18 007	71 421	308 348	618 316	779 482	1 032 911	1 358 245	1 273 089	1 428 173	1 508 391	1 536 063
Wert einer Tonne	—	—	84,78	96,32	79,01	71,98	77,73	84,15	85,64	91,94	107,17
Fabrikate:											
Eisenbahnschienen u. Befestigungsteile	380 457	424 462	422 349	559 746	535 494	568 819	580 732	792 610	807 171	792 013	903 107
Bahnschwellen u. Befestigungsteile	?	25 050	73 362	129 627	116 800	138 276	159 326	144 333	168 533	201 688	231 844
Eisenbahnachsen, -räder, -reifen	51 554	61 256	53 036	92 517	90 926	85 182	118 298	126 979	145 536	151 830	179 271
Handelseisen, Fein-, Bau- und Profileisen	6 451	10 784	56 580	307 910	515 173	875 001	1 332 491	1 554 995	1 858 370	2 132 112	2 013 070
Platten und Bleche (schwarz)	2 053	3 852	40 788	186 311	252 620	354 327	566 822	574 091	658 986	773 511	773 312
Weifsblech	—	—	—	21 348	26 813	31 261	34 168	31 458	35 320	33 980	30 282
Draht	493	10 806	174 313	217 254	312 998	447 126	513 375	478 834	442 651	479 721	430 557
Geschütze u. Geschosse	10 051	10 363	8 287	10 187	19 865	15 804	14 015	15 473	29 217	26 583	30 282
Röhren	—	—	—	7 497	9 404	9 835	10 210	11 480	16 083	30 576	28 436
Andere Eisen- u. Stahlsorten (Maschinen- u. Schmiedestücke etc.)	20 083	42 760	65 049	81 376	96 641	82 680	132 829	133 210	190 964	195 261	205 003
Abgeschätzte Werke	—	—	—	—	—	400	460	—	—	—	—
Zusammen die Fabrikate	471 144	589 170	893 764	1 613 788	1 976 735	2 608 713	3 462 736	3 863 469	4 352 831	4 820 275	4 825 587
Wert einer Tonne	—	—	147,44	166,83	139,29	119,69	125,70	131,02	134,92	145,31	165,45
Insgesamt die Halb- und Ganzfabrikate	489 151	660 591	1 202 092	2 232 099	2 756 217	3 641 224	4 820 981	5 136 558	5 781 007	6 328 666	6 361 650

Flufseisenerzeugung nach Sorten in Tonnen.

Jahr	Thomas-stahl	Bessemer-stahl	Herd-flufsstahl	Tiegel-flufsstahl	Flufsstahl insgesamt
1871	0	139 000	—	111 949	250 949
1872	0	175 000	—	110 582	285 582
1873	0	218 000	—	92 425	310 425
1875	0	241 000	—	106 336	347 336
1877	0	390 000	2 100	— [1])	411 000(?)
1879	1 782	465 000	34 218	—	501 000
1880	18 180	678 953	35 820	—	782 953
1881	200 000	509 400	188 100	—	897 500
1882	235 132	687 324	152 544	—	1 075 000
1883	328 909	396 745	326 344	—	1 051 998
1884	440 000	388 876	313 124	—	1 141 900
1885	548 212	378 814	275 974	—	1 203 000
1886	784 212	341 142	210 646	—	1 336 000
1887	1 167 702	345 672	224 626	—	1 738 000
1888	1 137 632	316 702	408 666	—	1 863 000
1889	1 305 887	324 392	465 221	—	2 095 500
1890	1 493 157	350 862	387 981	—	2 232 000
1891	1 779 779	307 357	475 864	—	2 565 000
1892	2 013 484	251 055	491 461	—	2 756 000
1893	2 344 754	280 992	537 254	—	3 163 000
1894	2 342 161	327 700	1 068 600	—	3 738 461
1895	2 520 396	315 600	1 189 400	—	4 025 396
1896	3 004 615	351 500	1 477 807	—	4 833 922
1897	3 234 214	391 850 [2])	1 404 423	—	5 030 487
1898	3 606 734	383 232	1 459 159	—	5 449 125
1899	3 973 225	371 620	1 693 825	—	6 038 170

Übersicht der Flufseisenerzeugung 1896.

	Konverterflufseisen		Herdflufseisen	
	Bessemer	Thomas	sauer	basisch
Zahl der Werke .	6	21	11	37
Zahl der Konverter	2 zu 0,65 t	6 zu 5 bis 5,5 t	19 zu 2,5 bis 10 t	55 zu 3 bis 10 t
	19 „ 6 t	9 „ 8 t	25 „ 10 t	67 „ 10 „ 15 t
	4 „ 7,5 t	26 „ 10 bis 12 t	1 „ 15 t	60 „ 15 „ 20 t
	7 „ 8 t	23 „ 12,5 bis 15 t	45	15 über 20 t
	32	6 „ 15 bis 20 t		197
		70		
Erzeugung	351 500 t	3 004 600 t	184 100 t	1 293 707 t
In Prozent	7,3	62,2	3,8	26,7

Gesamterzeugung 4 833 907 t, hiervon 65 308 t Stahlgufs.

[1]) Nach dem Jahre 1875 fehlen die Angaben über Tiegelflufsstahlerzeugung.

[2]) In den Zahlen für Bessemerstahl von 1897 an ist saurer Herdflufsstahl einbegriffen, während bei Herdflufsstahl nur das basische Produkt aufgeführt ist.

Übersicht der Flufseisenerzeugung 1900 in Tonnen (nach Dr. H. Rentzsch).

Auf 103 Werken	Saures Verfahren	Basisches Verfahren	Zusammen
I. Rohblöcke:			
a) aus Konvertern	223 063	4 141 587	4 364 650
b) aus Siemens-Martin-Öfen (Herdöfen)	147 800	1 997 765	2 145 565
II. Stahlformgufs	51 589	84 065	125 654
Insgesamt	422 452	6 223 417	6 645 869

Beschäftigte Arbeitskräfte.

Jahr	Eisenerz-bergbau	Hochofen-betrieb	Eisenverarbeitung (Giefserei, Schweifseisen und Stahlwerke)	Zusammen
1872	39 421	26 111	115 482	181 014
1873	39 491	28 129	116 254	183 874
1874	31 733	24 342	118 748	174 823
1875	28 138	22 760	114 003	164 901
1876	26 206	18 556	99 668	144 430
1877	25 570	18 188	95 400	139 158
1878	27 745	16 202	92 026	135 973
1879	30 192	17 386	96 956	144 534
1880	35 814	21 117	106 968	163 899
1881	36 891	21 387	114 433	172 711
1882	38 783	23 015	125 769	187 567
1883	39 658	23 515	129 452	192 625
1884	38 914	23 114	132 194	194 222
1885	36 072	22 768	130 755	189 595
1886	32 137	21 470	130 858	184 465
1887	32 969	21 432	138 176	192 577
1888	36 009	23 046	147 361	206 416
1889	37 762	23 985	161 344	223 091
1890	38 837	24 846	170 753	234 436
1891	35 390	24 773	170 268	230 431
1892	36 032	24 325	168 374	228 731
1893	34 845	24 201	169 838	228 884
1894	34 912	24 110	174 354	233 376
1895	33 556	24 059	181 173	238 788
1896	35 223	26 562	197 522	259 307
1897	37 991	30 459	211 328	279 778
1898	38 320	30 778	230 029	299 127
1899	40 917	36 334	250 263	327 514
1900	43 803	34 743	258 358	336 904

Deutsches Zollgebiet.

Ein- und Ausfuhr von Eisenerzen, Eisen und den wichtigsten Eisenwaren.

I. Einfuhr in Tonnen.

	1888	1889	1892	1895	1898	1899	1900
Eisenerze	1 163 373	1 234 842	1 655 843	2 017 136	3 516 577	4 165 372	4 107 840
Roheisen	216 958	339 246	209 306	188 217	384 561	612 652	726 712
Bruch- und Abfalleisen	7 623	15 059	6 419	11 339	23 328	63 141	100 383
Luppen, Rohschienen, Ingots	454	2 349	440	757	1 553	1 341	2 778
Zusammen	225 035	356 654	216 165	200 313	409 442	677 134	829 873
Stabeisen	17 850	22 364	21 085	19 777	26 014	37 179	37 809
Formeisen (aufser Schienen)	244	494	292	131	207	898	827
Eisenbahnschienen	1 385	2 526	7 186	1 830	267	1 319	343
Sonstiges Eisenbahnmaterial	877	1 720	1 475	2 135	3 566	3 428	2 570
Platten und Bleche	2 553	4 061	2 632	4 967	1 765	3 187	3 629
Weifsblech und polierte u. s. w. Bleche	3 751	3 031	1 299	1 506	14 597	29 564	23 915
Draht und Drahtseile	4 386	5 127	5 649	6 777	7 347	8 844	9 008
Grobe Gufswaren	4 985	13 038	7 359	5 125	18 235	25 634	21 597
Schmiedeeiserne Röhren	1 218	1 093	1 481	2 886	12 825	22 299	20 262
Andere grobe Eisenwaren	9 490	12 692	11 146	10 012	23 825	24 145	26 529
Andere feine Eisenwaren	1 237	1 363	2 710	2 727	4 176	4 507	4 443
Zusammen	48 075	67 410	62 314	57 873	112 824	162 004	150 932

Digitized by Google

II. Ausfuhr in Tonnen. (Fortsetzung von voriger Seite.)

	1888	1889	1892	1895	1898	1899	1900
Eisenerze	2 211 820	2 179 563	2 276 155	2 480 136	2 933 734	3 119 878	3 247 888
Roheisen	144 251	156 435	113 391	135 289	187 375	182 091	129 409
Bruch- und Abfalleisen	28 469	33 284	64 377	84 814	85 095	52 103	61 096
Luppen, Stäbe, Ingots	22 013	20 847	37 184	61 807	34 964	23 438	33 627
Zusammen	195 013	210 566	214 952	281 910	307 434	257 632	224 132
Stabeisen	170 197	165 964	199 064	277 991	263 698	193 933	172 533
Formeisen (aufser Schienen)	52 187	65 233	84 330	173 150	204 705	221 165	215 641
Eisenbahnschienen	114 946	110 979	113 712	116 627	123 839	109 813	155 656
Sonstiges Eisenbahnmaterial	44 062	52 185	66 212	71 443	62 524	33 380	41 601
Platten und Bleche	65 955	62 921	55 588	124 015	151 735	150 239	167 363
Weifsblech, polierte u. s. w. Bleche	2 317	1 894	2 789	1 780	6 069	7 507	7 534
Draht und Drahtseile	196 841	158 327	189 152	207 150	191 166	160 314	172 883
Drahtstifte	48 740	46 411	50 323	63 662	47 414	51 997	46 906
Grobe Gufswaren	24 860	19 334	18 099	19 767	29 644	33 350	32 006
Schmiedeeiserne Röhren	22 655	21 237	20 793	32 592	30 217	31 962	39 756
Andere grobe Eisenwaren	93 475	83 736	100 564	128 798	176 857	185 388	184 771
Andere feine Eisenwaren	9 258	11 378	17 604	25 967	26 637	29 265	36 237
Zusammen Eisen- und Stahlwaren	858 539	786 753	918 230	1 242 942	1 314 505	1 228 313	1 272 887

Maschinen, Fahrzeuge, Instrumente.

		1893	1894	1895	1897	1898	1899
Einfuhr	Tonnen	42 304	45 981	48 155	82 456	101 154	150 438
	1000 Mk.	32 006	34 204	36 927	48 995	60 750	81 495
Ausfuhr	Tonnen	117 841	143 221	158 795	210 518	232 294	283 213
	1000 Mk.	120 980	133 510	158 941	187 030	217 790	250 456

Ein- und Ausfuhr in Millionen Mark.

	Einfuhr			Ausfuhr		
	1897	1898	1899	1897	1898	1899
Eisen und Eisenwaren	69	68	108	328	365	424
Maschinen	43	53	66	121	138	178
Fahrzeuge, ausg. d.e v. Holz	3	4	11	13	25	18
Im ganzen	115	125	185	462	528	620

Digitized by Google

Ein- und Ausfuhr von Eisen- und Stahlwaren (andere Gruppierung) in Tonnen.

	1890		1895		1898		1900	
	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr
Roheisen:								
Roheisen aller Art	385 328	116 921	188 217	135 289	384 561	187 375	726 712	129 409
Brucheisen und Abfälle von Eisen	19 111	40 788	11 339	84 814	23 328	85 095	100 383	61 096
Luppeneisen, Rohschienen, Ingots	1 189	24 141	757	61 807	1 553	34 964	2 778	33 627
Zusammen	405 628	181 850	200 313	281 910	409 442	307 434	829 873	224 132
Fabrikate:								
Eck- und Winkeleisen	1 070	51 918	124	172 863	207	204 705	827	215 641
Eisenbahnlaschen, Unterlagplatten, Schwellen	292	36 470	671	45 619	112	30 803	461	39 492
Eisenbahnschienen	6 257	130 837	1 830	116 627	267	123 839	343	155 656
Radkranzeisen, Pflugschareneisen	15	348	7	287	26 014	263 698	37 809	172 533
Schmiedbares Eisen in Stäben	28 942	142 811	19 777	277 991				
Platten und Bleche, roh und geschliffen	4 898	59 311	4 967	124 015	1 765	151 735	3 629	167 363
Platten, poliert, gefirnifst u. s. w.	141	1 293	106	4 496	3 709	5 904	5 757	7 296
Weifsblech	4 296	422	1 430	284	10 888	165	18 158	238
Eisendraht aller Art, roh	5 427	83 612	5 085	115 632	6 125	96 477	7 388	94 074
" " " verkupfert, verzinnt	331	50 500	520	89 699	1 040	92 236	1 323	75 765
Grober Eisengufs, aufser Geschossen	11 679	19 353	5 121	19 066	18 235	29 644	21 597	32 006
Ambosse, Bolzen, Keile, Hackennägel u. s. w.	336	2 759	256	2 910	546	3 181	1 060	3 766
Anker, grobe Ketten	1 617	508	1 389	729	2 468	720	1 922	1 115
Brücken und Brückenbestandteile	51	6 515	65	4 392	261	5 791	663	9 021
Drahtseile	196	1 476	1 204	1 819	182	2 453	177	3 044
Eisen zu groben Maschinenteilen u. s. w. geschmiedet	172	1 400	98	1 956	195	2 748	199	2 968
Räder, Federn, Achsen u. s. w. zu Eisenbahnwagen	4 422	29 114	1 464	25 824	3 444	31 721	2 109	46 875
Röhren, geschmiedete, gewalzte u. s. w.	1 014	19 429	2 886	32 592	12 825	30 217	20 262	39 756
Geschosse	27	673	28	2 494	7	945	—	—
Grobe Eisenwaren, sonst nicht genannt	11 339	79 977	8 176	116 317	20 318	163 472	22 785	167 903
Drahtstifte	39	41 040	32	63 662	32	47 414	120	46 906
Feine Eisenwaren	3 404	15 776	2 695	25 967	4 137	25 780	4 429	36 237
Fabrikate zusammen	85 965	775 842	57 931	1 244 241	112 777	1 313 648	151 018	1 317 655
Insgesamt Roheisen und Fabrikate	491 593	957 692	258 244	1 525 341	522 219	1 621 082	980 891	1 541 787
Maschinen und Lokomotiven . . . Stück	57 205	88 288	47 205	136 875	79 671	191 009	96 120	237 622
Eisenbahnfahrzeuge . . . "	469	3 575	157	5 840	791	8 961	511	11 938
Schiffe . . . "	—	—	—	—	49	132	82	125

Digitized by Google

Ein- und Ausfuhr von Eisenerzen, Eisen- und Stahlwaren von und nach Ländern in Tonnen.

Eisenerze.

	1889	1898
Einfuhr:		
Spanien	469 842	1 314 868
Über Holland	395 396	46 095
Frankreich	102 371	126 824
Belgien	70 941	35 038
Österreich-Ungarn	74 852	295 599
Schweden	74 587	1 446 842
Übrige Länder	46 853	251 338
Zusammen	1 234 842	3 516 599
Ausfuhr:		
Frankreich	936 421	1 320 478
Belgien	1 207 675	1 585 413
Übrige Länder	35 467	27 843
Zusammen	2 179 563	2 933 734
Überschufs der Einfuhr	—	582 865
Überschufs der Ausfuhr	944 721	—

Roheisen.

	1889	1898
Einfuhr:		
Grofsbritannien	276 230	308 883
Frankreich	41 863	40 345
Vereinigte Staaten	—	20 849
Andere Länder	21 153	14 484
Zusammen	339 246	384 511
Ausfuhr:		
Belgien	63 414	105 069
Frankreich	20 962	33 074
Österreich-Ungarn	9 656	20 857
Rufsland	27 295	8 269
Andere Länder	35 108	20 106
Zusammen	156 435	187 375
Überschufs der Einfuhr	182 811	197 186

Ein- und Ausfuhr von Eisen- und Stahlwaren in Tonnen nach Ländern geordnet.

	1889		1895		1898		1900	
	Einfuhr von	Ausfuhr nach	Einfuhr von	Ausfuhr nach	Einfuhr von	Ausfuhr nach	Einfuhr von	Ausfuhr nach
Belgien	15 315	108 577	8 649	117 527	13 463	180 668	26 679	172 121
Dänemark	278	19 620	206	39 646	274	49 792	3 060	51 437
Frankreich	53 268	40 114	18 604	64 609	56 513	70 106	22 120	84 698
Grofsbritannien	304 193	74 524	182 949	137 345	354 851	134 852	729 533	165 568
Italien	35	80 706	42	90 694	42	60 884	151	70 552
den Niederlanden	14 657	83 738	3 006	106 519	16 521	155 381	42 683	175 948
Österreich-Ungarn	5 316	45 121	6 368	124 943	10 457	114 681	45 135	64 794
Rufsland	422	94 990	79	207 540	132	263 372	154	118 596
der Schweiz	1 752	75 033	1 876	136 657	2 626	173 128	5 970	179 505
Skandinavien	22 577	9 317	29 417	23 174	34 017	44 243	42 247	46 665
Spanien und Portugal	2 780	10 144	4 579	20 146	2 243	20 639	1 796	32 243
der Türkei	—	—	5	46 249	7	8 725	3 162	10 091
Übrigen Ländern Europas	1 862	26 231	927	57 564	1 551	102 907	7 974	65 544
Kapland	—	—	3	9 594	1	5 479	—	3 392
Deutsch-Afrika	—	—	4	1 368	93	3 139	2	9 777
Übrigem Afrika	—	—	27	25 069	51	13 585	125	10 645
Britisch Ostindien	1	6 041	6	42 345	11	25 852	12	35 101
China	—	—	1	19 829	1	16 151	3	30 285
Japan	—	—	3	37 958	7	21 258	2	29 272
Übrigem Asien	—	—	—	18 822	4	30 635	—	47 285
Argentinien	—	50 794	3	45 936	2	34 764	64	37 780
Brasilien	—	24 459	3	41 060	1	21 234	557	17 383
den Vereinigten Staaten	721	79 536	1 415	33 822	30 709	9 119	49 679	10 057
Übrigem Amerika	—	—	38	44 196	208	26 880	1 909	42 428
Britisch Australien } Übrigem Australien	90	144 863	5	34 220	2	34 416	9	42 752
Übrigem Australien			14	1 021	18	748	95	629
Zusammen	424 067	997 308	258 229	1 527 855	523 805	1 626 224	983 110	1 548 558
Wert in 1000 Mark	—	—	30 765	301 792	68 209	365 141	137 412	479 609

Digitized by Google

Roheisenerzeugung und Verbrauch seit 1871
(auf Grund der Berechnungen von Dr. Rentzsch).

Jahr	Erzeugung		Verbrauch		In Deutschland verarbeitetes Roheisen [1])
	Tonnen	Pro Kopf kg	Tonnen	Pro Kopf kg	
1871	1 563 682	40,8	1 818 307	47,5	1 887 478
1872	1 988 395	43,9	2 411 774	59,3	2 500 519
1873	2 240 575	55,1	2 943 186	72,3	2 830 328
1874	1 906 263	46,9	2 117 084	52,1	2 234 229
1876	1 846 345	43,6	1 767 909	41,7	2 124 173
1878	2 147 641	49,3	1 622 965	37,2	2 215 920
1879	2 226 687	50,5	1 540 945	35,1	2 190 569
1880	2 729 038	61,2	1 752 534	39,3	2 648 741
1882	3 380 806	74,8	2 327 605	51,5	3 393 285
1883	3 469 719	76,3	2 326 335	51,2	3 401 194
1885	3 687 434	79,9	2 616 973	56,7	3 634 136
1886	3 528 658	75,8	2 200 450	47,3	3 352 965
1887	4 023 953	85,6	2 627 392	55,9	3 874 991
1888	4 337 121	90,0	3 230 654	66,6	4 367 143
1889	4 524 558	94,3	3 662 929	76,3	4 670 646
1890	4 658 451	97,1	3 920 951	81,7	4 883 228
1891	4 641 217	93,8	3 448 700	69,7	4 679 179
1892	4 937 461	98,8	3 712 795	74,3	4 975 418
1893	4 986 003	98,7	3 659 070	72,5	5 041 550
1894	5 382 171	105,5	3 722 574	73,6	6 361 649
1895	5 465 414	105,1	3 741 349	71,9	5 444 867
1896	6 372 576	121,4	4 728 230	90,1	6 516 842
1897	6 881 466	129,8	5 535 382	104,1	7 214 601
1898	7 312 766	136,6	5 658 949	105,8	7 448 185
1899	8 142 017	147,5	6 940 000	125,7	8 582 616
1900	8 520 390	152,5	7 377 000	131,7	9 118 000

Preise pro Tonne in Mark.

Jahr	Steinkohlen	Eisenerz	Roheisen	Gufswaren II. Schmelzung	Schweifseisenfabrikate	Flufseisenfabrikate
1878	—	4,80	53,4	182,2	145,2	223,2
1879	4,89	4,55	50.46	181,31	139,45	225,22
1880	5,23	4,76	59,87	183,97	147,60	206,50
1881	5,18	4,76	56,27	181,99	145,86	193,54
1882	5,18	4,74	57,89	183,09	153,69	196,88
1885	5,23	3,70	43,65	169,65	121,85	131,37
1886	5,23	3,49	40,32	161,49	113,09	122,67
1887	5,20	3,64	41,36	160,65	113,82	118,60
1888	5,27	3,74	44,11	164,22	120,87	123,35
1894	?	3,40	43,04	157,89	116,75	119,69
1895	?	3,32	43,36	160,91	115,97	117,45
1896	6,96	3,62	47,02	166,36	128,34	125,70
1897	7,15	3,88	50,88	171,48	137,61	131,02
1898	7,37	3,83	51,79	175,29	139,38	134,92
1899	7,77	3,90	55,94	186,13	158,48	145,31
1900	8,81	4,00	64,68	194,35	180,15	165,45

[1]) Produktion + Einfuhr — Ausfuhr von Roheisen einschliefslich Brucheisen.

Preise pro Tonne in Mark.

	Neujahr		
	1882	1890	1899
Puddel-Roheisen, Rheinland-Westfalen	68	90	59
Schlesien	62	80	62
Luxemburg-Lothringen	44	69	52
Nassau	68	90	59
Spiegeleisen, Siegen-Nassau	80	100	66
Gießerei-Roheisen, Rheinland-Westfalen Nr. 1	76	94	69
„ „ Nr. 3	65	86	62
Schlesien Nr. 1	77	100	76
„ Nr. 2	70	85	64
Bessemer-Roheisen, Rheinland-Westfalen	81	96	67
Thomas-Roheisen	58	79	61
Stabeisen, Rheinland-Westfalen	135	187	138
Schlesien	122	180	128
Harz, Hannover	124	183	130
Eiserne Träger, Schlesien	152	180	128
Saar	141	150	105
Kesselbleche, Rheinland-Westfalen I	215	260	143
Schlesien	195	205	160
Walzdraht, Rheinland-Westfalen	160	180	125
Gezogener Draht, Rheinland-Westfalen	180	190	138
Weißblech, J. C. L. pro Kiste, Westfalen	32	27	14,7
Stahlschienen, Rheinland-Westfalen	157	165	125
Schlesien	168	160	120
Bandagen (Bessemerstahl), Rheinland-Westfalen	230	275	210
Wagenachsen (Bessemerstahl), Rheinland-Westfalen	235	280	195
Räder, pro Satz von etwa 900 bis 1000 kg, Rheinland-Westf.	325	370	285
Tragfedern, Rheinland-Westfalen	250	330	240
Spiralfedern, „ „	280	360	270
Flußeiserne Querschwellen, Rheinland-Westfalen	145	153	101
Gußeiserne ordinäre Öfen, Pfalz	195	245	184
Schlesien	215	195	173
Regulieröfen, Schlesien	233	195	190
Harz	240	240	201
Eiserne Töpfe, roh, Mitteldeutschland	230	280	265
Töpfe, emailliert, „	380	385	380
Ordinärer Bauguß, Säulen u. s. w., Schlesien	160	160	133
Nassau	150	170	142
Leichter Maschinenguß, Mitteldeutschland	220	240	225
Schwerer Maschinenguß, Sachsen	215	170	195
Dampfmaschinen, Kessel, Turbinen, Sachsen (durchschnittl.)	495	583	635
Werkzeugmaschinen, Sachsen (durchschnittlich)	783	752	761
Spinnereimaschinen, „ „	813	754	718
Webereimaschinen, „ „	761	638	596

Digitized by Google

Preufsen. — Erzeugung in Tonnen.

	1871	1876	1881	1886	1891	1894	1897	1898	1899
Eisenerze	2 920 275	2 572 250	3 906 284	3 555 493	3 903 810	4 012 446	4 183 536	4 120 810	4 295 575
Steinkohlen	25 967 044	34 466 249	43 708 545	52 482 799	67 528 005	70 143 979	84 233 393	89 571 619	94 740 829

Oberbergamtsbezirk [1])	1891		1898		1899	
	Eisenerze	Steinkohlen	Eisenerze	Steinkohlen	Eisenerze	Steinkohlen
Breslau	710 009	21 111 542	473 462	26 853 260	476 823	27 959 689
Halle	58 395	22 694	30 000	9 293	91 781	8 241
Clausthal	367 553	615 474	638 007	596 859	660 728	664 227
Dortmund	351 767	37 402 494	350 141	51 001 551	341 224	54 641 120
Bonn	2 416 086	8 375 831	2 529 200	11 112 565	2 725 019	11 467 552
	3 903 810	67 528 015	4 020 810	89 573 538 [2])	4 295 575	94 740 829

Einfuhr.

	1895	1898
Steinkohlen	5 117 356	5 820 332
Koks	461 779	332 578

Ausfuhr.

	1895	1898
Steinkohlen	10 360 838	13 989 223
Koks	2 293 328	2 133 170

[1]) Es gehörten zu den Oberbergamtsbezirken folgende Bergämter. Zu O.-B. Breslau: Breslau, Liegnitz, Oppeln; zu O.-B. Halle: Magdeburg, Erfurt; zu O.-B. Clausthal: Hildesheim, Cassel; zu O.-B. Dortmund: Osnabrück (Hannover), Münster, Minden, Arnsberg z. T. (Westfalen), Düsseldorf (Rheinprovinz); zu O.-B. Bonn: Arnsberg z. T. (Westfalen), Wiesbaden (Hessen-Nassau), Coblenz, Köln, Aachen (Rheinprovinz).

[2]) Aufserdem wurden 26 035 814 Tonnen Braunkohlen gefördert.

Ausländische Erze verschmolzen.

1872	59 661 Tonnen	1876	90 931 Tonnen
1873	106 196 „	1880	496 796 „

Zahl der Hochofenhütten und der Hüttenarbeiter.

	Hochofenhütten			Hochöfen in Betrieb		
	1872	1873	1876	1880	1890	1899
Für Koks	77	84	65	154	148	178
„ Holzkohlen	66	77	50	27	14	6
„ gemischtes Brennmaterial	16	12	7	2	—	—
Zusammen	159	173	122	183	162	184

	Hüttenarbeiter					
	1872	1873	1876	1880	1890	1899
Für Koks	15 448	16 881	11 750	15 060	18 880	25 045
„ Holzkohlen	4 497	5 230	2 868	1 633	1 196	94
„ gemischtes Brennmaterial	305	155	119	29	—	—
Zusammen	20 250	22 266	14 737	16 922	20 076	25 139

Zahl der Eisenwerke[1]).

	1880	1891	1895	1897	1898	1899
Eisenhochofenwerke . . .	97	81	77	82	81	79
Eisengiefsereien	640	694	745	733	—	—
Schweifseisenwerke . . .	220	198	166	146	—	—
Flufseisenwerke	41	97	126	141	—	—

[1]) Auch mit gemischtem Betriebe.

Hochofenproduktion in Tonnen.

Jahr	Giefsereiroheisen	Für Schweifseisen (Frischroheisen)	Für Flufseisen[1])	Gufswaren aus Erzen (I. Schm.)	Zusammen	Bemerkungen
1871	49 907	949 446	240 975	57 612	1 297 940[2])	
1872	74 435	1 101 383	241 415	40 602	1 457 825	
1873	100 136	1 123 172	301 150	49 649	1 574 107	
1874	89 596	917 550	237 437	35 686	1 280 269	
1875	85 549	1 021 782	259 829	31 166	1 398 326	
1876	81 671	891 653	321 633	29 380	1 324 337	
1877	80 512 9 930[3])	873 422	434 771	23 032	1 421 666	
1878	67 271 6 253[3])	1 047 146	427 630	19 759	1 568 062	
1879	84 359 6 387[3])	1 089 166	438 893	20 866	1 639 676	
1880	101 585 9 412[3])	1 207 917	697 388	27 369	2 052 671	183 Hochöfen in Betrieb, 27 mit Holzkohlen.
1881	119 246 9 635[3])	1 201 901	816 049	26 078	2 172 909	
1882[4])	120 252 9 951[3])	1 307 485	1 000 570	29 290	2 467 548	
1883	163 049 8 715[3])	1 460 730	912 174	31 309	2 575 977	
1884	151 624 10 731[3])	1 399 425	1 023 355	28 751	2 618 886	
1885	214 774 16 130[3])	1 354 559	1 056 084	29 327	2 670 874	
1886	183 376 8 799[3])	1 173 842	1 172 844	25 165	2 564 026	
1887	261 311 11 606[3])	1 229 065	1 334 511	27 124	2 863 617	
1888	356 885 12 539[3])	1 359 055	1 343 251	27 026	3 098 756	
1889	362 266 12 149	1 375 500	1 442 375	26 429	3 218 719	
1890	387 238 7 405	1 539 540	1 322 163	32 023	3 288 369[5])	
1891	410 891 8 594	1 106 561	1 738 302	34 091	3 288 442	
1892	428 240 8 040	995 234	1 976 743	30 822	3 439 080	
1893	484 983 7 866	941 482	2 074 746	30 625	3 539 702	
1894	568 865 8 234	878 500	2 257 926	30 591	3 744 116	
1895	528 871 8 367	816 261	2 397 359	27 616	3 778 774	

[1]) Rohstahleisen, Bessemer-Thomas-Roheisen.
[2]) 92,62 Prozent mit Koks.
[3]) Bruch- und Wascheisen.
[4]) 196 Hochöfen, darunter 24 Holzkohlenöfen.
[5]) Hierzu verschmolzen: 7 783 094 Tonnen Erze und 2 081 192 Tonnen Zuschläge.

Digitized by Google

Jahr	Giefserei-roheisen	Für Schweifs-eisen (Frisch-roheisen)	Für Flufs-eisen [1]	Gufs-waren aus Erzen (I. Schm.)	Zu-sammen	Bemerkungen
1896	668 366 8 450	883 627	2 880 577	29 531	4 470 551	
1897	729 785 9 472	889 610	3 214 831	38 360	4 892 058	
1898	841 020 10 983	805 954	3 477 490	41 495	5 176 942	179 Hochöfen in Betrieb, darunter 8 Holzkohlen-Koksöfen.
1899	950 075 11 457	776 569	3 862 520	43 992	5 644 613	

Hochofenproduktion in Tonnen.

	Mit Holz-kohlen	Mit Koks (Steinkohlen)	Gemischt	Zusammen
1872	64 267	1 371 924	21 644	1 457 835
1873	82 683	1 471 045	20 174	1 573 902
1874	70 540	1 191 690	18 038	1 280 268
1875	57 305	1 324 585	16 436	1 398 326
1876	49 474	1 262 343	12 519	1 324 337
1878	27 482	1 534 832	5 748	1 568 062
1880	32 097	2 015 993	4 582	2 052 672
1881	31 614	2 133 015	8 280	2 172 909
1882	31 854	2 435 694	—	2 467 548
1883	33 370	2 542 608	—	2 575 977
1884	30 999	2 587 898	—	2 618 897
1885	31 337	2 633 537	—	2 664 874
1886	27 442	2 535 386	—	2 563 028
1887	25 030	2 838 588	—	3 863 618
1888	22 066	3 076 691	—	3 098 757
1889	20 690	3 198 029	—	3 218 719
1890	19 863	3 268 565	—	3 288 368
1891	20 929	3 288 441	—	3 288 441
1892	20 698	3 418 383	—	3 439 081
1893	19 548	3 520 154	—	3 539 702
1894	15 404	3 728 712	—	3 744 116
1895	13 161	3 765 613	—	3 778 774
1896	13 491	4 457 060	—	4 470 551
1897	13 426	4 878 633	—	4 892 059
1898	7 639	5 169 304	—	5 176 942
1899	5 939	5 638 675	—	5 644 614

[1]) Rohstahleisen, Bessemer-Thomas-Roheisen.

Digitized by Google

Hochofenproduktion in den Oberbergämtern in Tonnen.

	1871	1877	1883	1886
Breslau	246 101	262 514	388 095	374 493
Halle	3 330	368	—	—
Clausthal	112 275	67 425	108 602	158 530
Dortmund	318 592	551 700	1 072 077	891 550
Bonn	526 915	539 609	1 007 204	1 128 424
Zusammen	1 207 213	1 421 616	2 575 978	2 563 027

	1892	1894	1898	1899
Breslau	470 796	514 280	679 047	744 143
Halle	—	—	68 203	} 310 496
Clausthal	134 053	158 465	221 209	
Dortmund	1 567 794	1 754 958	2 545 989	2 796 468
Bonn	1 265 477	1 316 403	1 662 495	1 793 506
Zusammen	3 438 120	3 744 116	5 176 943	5 644 614

Zahl der Hochöfen.

	1880	1886	1892	1897	1898	1899
Breslau	37	31	29	31	33	35
Halle	1	1	—	1	2	2
Clausthal	7	8	6	7	7	7
Dortmund	53	43	48	60	60	65
Bonn	85	72	70	76	77	75
Insgesamt	183	156	153	175	179	184

Hochofenerzeugnisse in Tonnen.

	1897		1897
a) Massel:		b) Gußwaren:	
Für Gießerei	729 785	Guß I. Schmelzung	1 437
„ Schweißeisen	899 610	Geschirrgase (Pasteur)	18 531
„ Flußeisen	3 214 831	Röhren	18 402
	4 844 226		38 360

Massel und Gußwaren	4 882 586	Tonnen
Bruch- und Wascheisen	9 472	„
Zusammen	4 892 058	Tonnen

Digitized by Google

Roheisenverbrauch in Tonnen.

	1872	1875
Zu Gufswaren	318 888	322 582
„ Schweifseisen	1 144 891	1 121 173
„ Rohstahl (Flufseisen)	457 266	512 894
Zusammen	19 210 452	1 956 649
Hiervon zollausländisch	463 210	558 312

	1879	1882
Zu Gufswaren II. Schmelzung:		
zollinländisches Roheisen	82 374	181 617
zollausländisches Roheisen	162 878	158 899
Brucheisen	104 861	147 714
Zu Schweifseisen:		
inländisches Roheisen	1 213 166	1 538 053
ausländisches Roheisen	36 813	13 905
Zu Flufseisen:		
inländisches Roheisen	356 311	795 638
ausländisches Roheisen	106 878	120 354
Spiegel- und Ferromanganeisen	42 034	135 278
Zusammen	2 106 335	3 091 458
Hiervon zollausländisch	306 569	293 158

	1872	1873	1874	1875
Zur Gufswaren-Darstellung	278 286,3	307 607,7	288 591,3	291 363,0
„ Stabeisen- „	1 144 890,7	1 171 386,9	1 197 956,9	1 121 172,6
„ Rohstahl- „	147 152,3	103 467,5	176 559,4	139 907,0
Gufswaren I. Schmelzung	40 602,0	49 554,3	35 686,0	31 219,1
Roheisen zur Darstellung von Rohstahl auf Gufsstahlhütten	310 113,9	360 036,5	367 059,0	372 986,8
Zusammen	1 921 045,2	1 992 102,9	2 065 852,6	1 956 648,5
Produziert an Roheisen und Gufswaren I. Schmelzung	1 457 835,2	1 574 106,9	1 280 268,5	1 398 336,5
Also mehr verbraucht als produziert	463 210,0	417 996,0	785 584,1	556 312,0

Roheisenverbrauch in Tonnen.

	1876 Inländisches	1876 Ausländisches	1876 Zusammen
Zu Gufswaren II. Schmelzung	64 975,9	193 667,6	258 643,5
„ Stabeisen	1 006 086,7	10 976,2	1 017 062,8
„ Rohstahl	106 890,0	43 887,9	150 778,0
	1 177 952,6	248 531,7	1 426 484,3
Hierzu Gufswaren I. Schmelzung	—	—	29 379,9
Roheisen auf Gufsstahlhütten	—	—	386 366,9
Produktion an Roheisen	—	—	1 842 231,1
Mehr verbraucht als produziert	—	—	1 324 338,7
	—	—	517 892,4

	1877	1878
Zu Gufswaren II. Schmelzung	320 301,5	325 698,7
„ Schweifseisen: inländisches	1 035 183,9	1 128 356,3
ausländisches		30 574,0
„ Flufseisen: inländisches	244 451,3	366 020,9
ausländisches	165 623,0	100 308,8
Spiegeleisen und Ferromangan	36 273,5	39 137,3
	446 347,8	505 467,0

	1879 Tonnen	1880 Tonnen	1881 Tonnen	1882 Tonnen
Zu Gufswaren II. Schmelz.:				
zollinländisches Roheisen	83 874,7	123 618,1	165 137,3	181 617,4
zollausländisches „	162 878,4	150 282,8	141 577,5	158 898,9
Brucheisen	104 861,1	119 695,3	129 574,5	147 714,1
	351 614,2	393 596,2	436 289,3	488 231,4
Zu Schweifseisen:				
inländisches Roheisen	1 213 165,7	1 335 874,3	1 354 111,2	1 528 053,3
ausländisches „	3 681,3	4 939,0	3 181,7	13 905,0
Zu Flufseisen:				
inländisches Roheisen	356 310,6	542 431,6	721 345,1	795 637,6
ausländisches „	106 878,4	88 727,9	103 930,9	120 354,0
Spiegeleisen und Ferromangan	42 034,2	54 738,3	117 788,8	135 278,1

Digitized by Google

	1898	1899
Zahl der betriebenen Hochöfen	179	184
Zahl der beschäftigten Arbeiter	23 198	25 139
Roheisenerzeugung . . . Tonnen	5 176 943	5 644 614
Wert einer Tonne . . . Mark	53,95	59,03

Gufswarenerzeugung in Tonnen.

Jahr	Aus Hochöfen (I. Schmelzung)	Aus Flamm- und Kupolöfen (II. Schmelzung)	Zusammen
1871	31 867	252 630	284 497
1872	40 602	323 976	364 578
1873	49 554	359 229	408 783
1874	24 926	330 245	355 171
1875	20 905	329 670	350 625
1876	29 380	297 673	327 053
1877	23 032	283 071	306 103
1878	19 459	277 190	296 649
1879	20 866	304 612	325 478
1880	27 369	348 731	376 150
1881[1])	26 078	380 018	406 096
1882	29 290	424 979	454 369

1879.

Zahl der Werke	622
Arbeiter	20 558
Kupolöfen (in Betrieb)	864
Flammöfen	85
Andere Öfen	160
Verschmolzen wurden:	Centner
Inländisches Roheisen	1 677 493
Zollausländisches Roheisen	3 257 568
Inländisches Brucheisen	1 888 180
Ausländisches Brucheisen	209 042
Zusammen	7 032 283
Erzeugt wurden:	Centner
Maschinenteile	2 724 678
Geschirrgufs (Poterie)	508 887
Röhren	910 173
Hartgufs	174 376
Tempergufs	34 906
Sonstiger Gufs	1 739 215
Zusammen	6 092 235

[1]) 1881: Kupolöfen 1253 (in Betrieb 981), Flammöfen 112 (in Betrieb 84), andere Öfen 250 (in Betrieb 195).

Digitized by Google

Roheisenerzeugung in den Oberbergamtsbezirken.

	Zur Giefserei [1])	Zur Schweifseisen-bereitung	Zur Flufseisen-bereitung	Zusammen
1880				
Breslau	17 739	281 169	38 507	337 415
Halle	442	—	—	442
Clausthal	19 269	63 988	17 900	101 157
Dortmund	71 897	352 811	396 226	820 934
Bonn	56 247	509 948	244 755	810 950
	165 594	1 207 916	697 388	2 070 898
1890				
Breslau	29 673	341 292	137 879	508 844
Halle	—	—	—	—
Clausthal	3 166	6 070	125 261	134 497
Dortmund	244 834	580 951	622 784	1 411 806
Bonn	148 993	393 850	653 616	1 233 221
	426 666	1 322 163	1 539 540	3 288 369
1899				
Breslau	66 457	336 718	341 505	744 677
Halle	81 135	—	—	—
Clausthal	3 984	570	223 421	227 975
Dortmund	461 586	81 518	2 253 365	2 796 469
Bonn	392 365	357 763	1 044 230	1 794 358
	1 005 524	776 568	3 862 521	5 644 614

Schweifseisenproduktion.

	1871	1872	1873	1875	1880
Eisenbahnschienen, Laschen und Schwellen		212 071	235 348	140 781	
Eisenbahnachsen, Räder und Radreifen		13 763	11 789	11 465	
Profileisen zu Bauzwecken usw.	679 043	75 896	64 508	65 626	
Schwere Platten, Schmiedestücke		27 726	29 547	25 820	
Andere Eisensorten, Handelseisen		363 860	292 685	383 669	1 096 478
Schwarzblech	92 008	98 659	66 901	104 655	
Weifsblech	7 842	7 556	4 566	6 236	
Eisendraht	54 552	92 692	59 551	112 842	
Gezogene Röhren		2 310	78	3 335	
Luppen aus Roheisen zum Verkauf	145 644	80 453	62 069	110 851	
Luppen aus altem Eisen			141 150		
	974 119	975 286	968 192	965 260	1 096 478

[1]) Einschliefslich Gufswaren I. Schmelzung und Wascheisen.

	1871	1872	1874	1875	1876
Aus in- und ausländischem Roheisen	852 902	831 796	904 224	816 759	650 216
Aus Rohluppen und altem Eisen	121 217	143 490	184 900	148 501	127 339
	974 119	975 286	1 089 124	965 260	779 555

1879.

Zahl der Werke	277
Arbeiter	40 070
Öfen in Betrieb:	
Frischfeuer	140
Puddelöfen:	
feststehende	1 348
rotierende	9
Schweifsöfen	836
Wärm- und Glühöfen	357
Cementstahlöfen	7

Verarbeitet wurden:

	Centner
Frischroheisen:	
zollinländisch	24 263 314
zollausländisch	73 626
Angekaufte Rohluppen und Rohschienen	1 184 377
Angekaufte Eisenabfälle und Alteisen	2 000 560

Erzeugt wurden:

Rohluppen und Rohschienen zum Verkauf	1 126 500
Cementstahl zum Verkauf	3 660
Fertige Eisenfabrikate	19 030 233
	20 160 402

1881.

Verarbeitetes Eisenmaterial:

	Centner
Frischroheisen:	
inländisches	1 354 111,2
ausländisches	3 181,7
Gekaufte Rohluppen und Rohschienen	74 066,5
Alteisen:	
inländisches	135 934,3
ausländisches	1 018,0

Schweifseisen und Schweifsstahl.

1871	974 119	1876	779 555	1881	1 159 104
1872	975 286	1877	866 063	1882	1 310 749
1873	968 192 [1])	1878	975 136	1886	1 171 225
1874	1 089 124	1879 [2])	1 008 020	1887	1 327 445
1875	965 260	1880	1 096 478		

[1]) Verarbeitetes Roheisen: 1879 — zollinländisch 1 213 166; zollausländisch 3 681. Erzeugt: 1879 — Fertige Eisenfabrikate 951 512; Rohluppen 16 680.

[2]) Hiervon Puddeleisen 768 252 Tonnen.

Oberbergamtsbezirk:	1880
Breslau	261 675
Halle	17 742
Clausthal	12 258
Dortmund	509 692
Bonn	454 993
	1 256 360

	1886	1887
Westpreufsen	1 823	1 542
Schlesien	228 254	255 918
Sachsen	10 152	11 767
Hannover	10 120	9 678
Westfalen	383 897	418 041
Hessen-Nassau	15 135	16 607
Rheinland	518 499	610 572
Übriges Preufsen	3 255	3 320
Zusammen	1 171 225	1 327 445

	1880	
	Verarbeitetes Material in Tonnen	Fertigfabrikate in Tonnen
Frischroheisen:		
zollinländisch	1 335 874	
zollausländisch	4 939	
Gekaufte Rohluppen und Schienen:		
zollinländisch	56 861	1 096 478
zollausländisch	61	
Gekaufte Eisenabfälle und Alteisen:		
zollinländisch	106 811	
zollausländisch	104	
Zusammen	1 504 650	1 096 478

Schweifseisen (Schmiedeeisen, Frisch-, Puddel- und Cementstahl) in Preufsen 1880.

Zahl der Werke	262
Zahl der Arbeiter	40 820
Frischfeuer im Betrieb	109
Puddelöfen „ „	1 405
Schweifsöfen „ „	690
Wärm- und Glühöfen im Betrieb	378
Cementstahlöfen „ „	3
Andere Öfen u. Feuer „ „	251

Digitized by Google

Verarbeitetes Eisenmaterial:	Tonnen
Frischroheisen	1 340 813
Gekaufte Rohluppen und Rohschienen	56 921
Gekaufte Abfälle und Alteisen	106 915
Dargestellt überhaupt:	
in Frischfeuer	15 664
„ Puddelöfen	1 184 775
„ anderen Apparaten	55 921
Zusammen	1 256 360
Fabrikate aus Schweifseisen:	
a) Rohluppen und Rohschienen zum Verkauf	62 071
b) Cementstahl zum Verkauf	245
Fertige Eisenfabrikate:	
Eisenbahnschienen	11 720
Schienenbefestigungsteile	7 434
Eisenbahnräder	3 118
Radreifen	4 429
Bahnschwellen	28 940
Schwellenbefestigungsteile	1 342
Gewöhnliches Handelseisen	290 762
Feineisen	111 968
Grobes Baueisen	43 402
Profileisen zu Brücken, Schiffen u. s. w.	93 102
Andere Schmiedestücke	7 928
Maschinenteile	1 087
Platten und Kesselbleche	107 357
Schwarzblech und Platten über 1 bis 5 mm dick	47 251
Feinblech bis 1 mm dick	30 558
Weifsblech	7 636
Draht	208 522
Röhren	5 166
Andere verkäufliche Eisensorten	22 440
Zusammen Fertige Eisenfabrikate	1 034 162
Insgesamt Eisenfabrikate	1 096 478

(Stahl-)Flufseisen.

	1872	1873	1874	1875
Rohstahl	113 149	85 401	137 064	110 254
Gufsstahl	174 756	218 538	234 721	240 880

	1881
Tiegelstahl	32 283
Flufseisen	932 920
	965 203

Flufseisen und Flufsstahl.

	1886	1887
Schlesien	47 839	62 455
Hannover	110 305	124 496
Westfalen	534 378	619 426
Rheinland	548 481	723 323
Zusammen	1 241 003	1 526 700

	1881
Bessemerstahl	821 527
Herdflufsstahl	124 701
Anderer Stahl	2 800
Hiervon zu Tiegelstahl verarbeitet	16 107

An Stahlfabrikaten wurden dargestellt:

	1872		Zusammen
	aus Rohstahl	aus Gufsstahl	
Eisenbahnschienen und Laschen	50 397	98 614	149 011
Eisenbahnachsen und Räder	23 204	42 599	65 803
Schwere Platten, Schmiedestücke u. s. w.	2 234	4 544	6 778
Geschütze und Geschosse	—	6 597	6 597
Andere Stahlsorten	24 174	18 592	42 766
Stahlblech	947	1 958	2 905
Stahldraht	—	25	25
	100 956	172 929	273 885

	1875		Zusammen
	aus Rohstahl	aus Gufsstahl	
Eisenbahnschienen und Laschen	56 926	171 377	228 303
Eisenbahnachsen und Räder	13 873	33 607	47 480
Schwere Platten, Schmiedestücke u. s. w.	2 645	4 399	7 044
Andere Stahlsorten	16 042	20 751	36 793
Blech	534	2 319	2 853
Draht	138	15	153
Röhren	—	6 068	6 068
	90 158	238 536	328 694

Flufseisen in Preufsen 1880.

Zahl der Werke	41
Zahl der Arbeiter	19 672
Öfen in Betrieb:	
Bessemerbirnen	35
Flamm-Flufsöfen	29
Tiegelöfen zur Erzeugung von Flufseisen	13
Tiegelöfen zum Umschmelzen (Gufsstahlöfen)	100
Kupolöfen	68
Flammöfen	2
Ausheizöfen	3
Wärm- und Glühöfen	338
Andere Öfen	35

Digitized by Google

Verwendetes Eisenmaterial:

	Tonnen
Für Flufseisen einschl. des für Tiegelgufsstahl verwendeten eigenen Stahls:	
Roheisen	531 159
Spiegeleisen	51 397
Ferromangan	3 341
Gekauftes Schweifseisen	4 397
„ Flufseisen	17 118
„ Alteisen und Abfälle	138 837
Für die Herstellung von Tiegelgufsstahl:	
Gekaufter Stahl	6 069
Herdfrischstahl	33
Zuschläge von Eisen u. s. w.	5 893
Zusammen	858 244
Dargestellt:	
in Bessemerbirnen	617 637
„ Flammöfen	89 370
„ anderen Apparaten	3 359
Flufseisen einschl. des für Tiegelstahl verarbeiteten	710 366
Davon zu Tiegelgufsstahl verarbeitet	1 500
Tiegelgufsstahl aus eigenem und gekauftem Material	28 854
Zusammen Flufseisen und Tiegelgufsstahl	734 720

Aus Flufseisen hergestellt:

Rohstahlluppen und Rohschienen zum Verkauf	28 356
Tiegelgufsstahl zum Verkauf	7 467
Eisenbahnschienen	394 528
Schienenbefestigungsteile	16 664
Eisenbahnachsen	12 719
Eisenbahnräder	20 844
Radreifen	27 497
Eiserne Bahnschwellen	24 944
Schwellenbefestigungsteile	106
Gewöhnliches Handelseisen	6 078
Feineisen	2 382
Profileisen für Brücken u. s. w.	1 441
Maschinenteile	5 606
Geschütze und Geschosse	10 363
Werkzeuge und Schmiedestücke	377
Blöcke und Brammen	20 040
Platten und Bleche über 1 mm dick	3 693
Feinbleche	33
Draht	10 800
Stahl- und Fassongufs	150
Andere verkäufliche Eisensorten	34 332
Zusammen Fertige Flufseisenfabrikate	598 597
Insgesamt Verkäufliches Flufseisen	634 420

Königreich Bayern[1]).

Erzeugung in Tonnen.

	1873	1875	1879	1882	1886	1889
Eisenerze	115 169	102 186	481 100	74 132	102 656	130 935
Roheisen in Gänzen	57 072	48 985	30 269	41 110	39 634	59 345
Gufswaren aus Erzen	4 061	3 934	654	1 015	73	115
" " Roheisen	26 809	26 543	25 785	33 397	39 510	51 574
Stabeisen	73 607	67 417	58 056	67 315	55 809	82 760
Schwarzblech	692	1 172	1 134	3 945	1 977	3 740
Draht	1 426	2 338	2 361	3 313	2 010	7 509
Stahl	4 553	4 050	9 377	377	6 854	18 809
Zusammen	168 220	149 439	127 636	150 626	145 626	223 853

	1892	1894	1896	1898	1899
Eisenerze	—	—	161 279	171 987	181 980
Roheisen in Gänzen	77 596	75 669	79 621	84 144	83 821
Gufswaren aus Erzen	334	169	114	—	—
" " Roheisen	48 212	53 342	71 006		92 459
Stabeisen	64 646	46 860	53 573	58 342	61 415
Schwarzblech	592	268	—	—	—
Draht	1 008	279	243		111
Stahl	70 790	86 594	101 954	120 623	134 007
Zusammen	263 178	263 181	305 511		371 813

16 Hochöfen 27 Hammer u. Walzwerke 903 Bergarbeiter
40 Giefsereien 2 Stahlwerke 4985 Hüttenarbeiter

Königreich Sachsen.

	1890	1891	1892	1893
Giefsereiroheisen	6 690	13 775	11 996	5 331
Bessemerroheisen	4 694			
Puddelroheisen	5 582	7 694	12 066	6 881
Gufswaren I. Schmelzung	112	148	215	138
Hochofenproduktion	17 068	21 617	24 287	12 350

Grofsherzogtum Hessen.

	1881	1882
Eisenerze	132 261	111 105
Holzkohlenroheisen	1 477	229
Koksroheisen	23 420	34 491
Gufs II. Schmelzung	4 946	4 899

[1]) Einteilung in vier Bergämter: München, Regensburg, Bayreuth, Zweibrücken.

Digitized by Google

Luxemburg.

Eisenerze.

Jahr	Gruben	Förderung		Belegschaft
		Menge Tonnen	Wert Mark	
1870	17	911 695	2 762 913	2316
1871	40	985 479	2 698 587	2263
1872	56	1 170 939	3 448 227	2472
1873	56	1 331 743	3 856 788	2762
1874	56	1 442 666	3 937 620	2913
1875	56	1 052 405	2 929 868	1777
1876	56	1 196 729	2 666 538	1833
1877	27	1 262 825	3 013 398	2009
1878	25	1 411 218	3 359 750	2293
1879	28	1 614 393	3 551 222	2746

Jahr	Eisenerzförderung Tonnen	Jahr	Eisenerzförderung Tonnen
1880	2 173 463	1894	3 958 281
1885	2 648 449	1895	3 913 076
1890	3 359 413	1896	4 778 741
1891	3 102 060	1897	5 349 010
1892	3 370 292	1898	5 348 951
1893	3 351 938	1899	6 014 394

Wert: 1898 11 147 349 Mark, 1899 12 969 818 Mark.

Roheisenerzeugung.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1868	95 000	1880	260 000	1890	558 912
1871	142 000	1881	295 000	1891	544 994
1872	185 000	1882	386 000	1892	586 515
1873	257 000	1883	335 000	1893	558 288
1874	245 000	1884	365 000	1894	679 816
1875	270 000	1885	419 000	1895	694 814
1876	230 000	1886	400 000	1896	808 898
1877	215 600	1887	492 000	1897	872 457
1878	248 000	1888	522 000	1898	945 866
1879	262 000	1889	561 733	1899	982 930

Wert: 1898 41 970 780 Mark, 1899 44 592 255 Mark.

Roheisenerzeugung nach Sorten:

Jahr	Puddelroheisen Tonnen	Thomasroheisen Tonnen	Giefsereieisen Tonnen	Zusammen Tonnen	Zahl der Hochöfen	1 Ofen pro Tag Tonnen
1880	243 740	—	16 926	260 666	18	39,6
1881	235 263	29 269	29 133	293 615	18	44,6
1882	260 402	77 156	38 936	376 587	18	57,2
1883	206 726	78 855	48 106	331 687	18	50,2
1884	198 190	91 145	76 662	365 997	18	55,7
1885	201 702	108 227	109 680	419 609	21	54,7
1886	148 089	176 599	75 956	400 644	21	52,2
1887	196 184	220 232	75 622	492 038	21	64,1
1888	199 151	249 496	75 129	523 776	20	71,7
1889	198 033	279 118	84 582	561 733	21	73,2
1890	191 056	300 066	67 790	558 912	21	72,9
1891	124 233	321 078	69 683	514 994	21	72,4
1892	118 222	344 986	123 307	586 515	21	76,5
1893	122 679	318 242	87 307	558 288	22	69,5
1894	129 533	438 265	112 018	679 816	22	—
1895	94 282	458 913	141 619	694 814	23	—
1896	140 296	551 904	116 698	962 000 [1])	26	—

Jahr	Gufswaren II. Schmelzung Tonnen	Stahl Tonnen
1880	1 701	—
1881	1 597	—
1882	1 726	—
1883	1 827	—
1884	1 670	—
1885	1 440	—
1886	2 585	20 554
1887	3 644	57 346
1888	4 615	69 739
1889	4 642	97 900
1890	5 909	97 412
1891	7 062	110 929
1892	6 281	103 310
1893	7 764	129 123
1894	8 328	131 220
1895	8 747	134 539
1896	9 307	—
1897	9 088	—
1898	9 358	—
1899	11 154	—

[1]) Einschliefslich der 140 000 Tonnen, die in Düdlingen unmittelbar in Stahl verwandelt werden.

Lothringen.

Förderung und Erzeugung in Tonnen.

	1872	1880	1885	1888
Eisenerz	677 659	995 958	2 152 570	2 805 264
Roheisen	214 032	287 734	429 628	543 099
Gufswaren	15 671	16 314	11 924	12 351
Schweifseisen	141 266	161 395	147 430	155 798
Flufseisen	3 001	379	48 196	106 890

	1894	1896	1898	1899
Eisenerz	3 922 052	4 851 598	5 905 776	6 972 758
Roheisen	803 889	919 923	994 020	1 290 264
Gufswaren	14 854	18 045	—	—
Schweifseisen	114 202	98 818	—	—
Flufseisen	176 857	209 923	—	—

Wert in Mark.

	1872	1880	1888	1898	1899
Eisenerz	1 851 978	2 077 218	5 998 303	14 434 446	18 684 152
Roheisen	21 545 759	11 888 026	19 999 257	46 709 524	65 462 708
Gufswaren	3 290 801	2 175 584	1 797 918	—	—
Schweifseisen	35 137 829	21 474 948	16 446 503	—	—
Flufseisen	1 230 411	163 850	10 738 238	—	—

Wert einer Tonne Roheisen.

1872	100,66	1883	49,73
1876	40,33	1886	29,02
1880	41,31	1887	31,87

Frankreich.

Trotz der Niederlagen in den Jahren 1870 und 1871 hat Frankreich seine hervorragende Stellung unter den Eisen erzeugenden Ländern behauptet. Durch den deutsch-französischen Krieg verlor es die mit Eisenerzen gesegneten Provinzen Elsafs und Lothringen. Dafs es aber Frankreich gelang, diesen Ausfall in wenig Jahren zu überwinden, wie aus den nachfolgenden Zahlen hervorgeht, ist ein glänzendes Zeugnis für seine Lebenskraft.

Roheisenerzeugung Frankreichs 1869 bis 1874.

1869	1 381 965	Tonnen	1872	1 217 878	Tonnen
1870	1 178 114	„	1873	1 366 971	„
1871	859 641	„	1874	1 402 122	„

In der Weltproduktion war Frankreich ja schon vor 1870 auf die vierte Stelle gerückt, indem es aufser von Grofsbritannien von den Vereinigten Staaten und von Deutschland überflügelt worden war. Diesen vierten Platz hat es aber seitdem erfolgreich behauptet. In der Wissenschaft der Metallurgie hat Frankreich immer eine hervorragende Stellung eingenommen und dies auch seit 1870 bethätigt.

Frankreich mufs zwar Steinkohlen und Eisenerze einführen, aber es deckt dadurch nicht nur seinen Bedarf, sondern führt noch einen erheblichen Überschufs von Eisen- und Stahlfabrikaten aus. Die Einfuhr von Eisenerzen aus Algier, Spanien, Italien, Griechenland und Deutschland betrug im Jahre 1897 2 137 860 Tonnen, die Ausfuhr 289 694 Tonnen, die Einfuhr von Eisen und Stahl 11 173 Tonnen, die Ausfuhr 268 463 Tonnen.

Die Eisenerzgewinnung in Algier war sehr bedeutend geworden, besonders am Berge Mokta-el-Hamid bei Bona und neuerdings zu Rar-el-Maden [1]). 1872 wurden 7 823 720 Centner ausgeführt, zumeist nach Frankreich, wo sie namentlich zu Creusot und den Hütten an der Loire zu Bessemerroheisen verschmolzen wurden. In Algier selbst gab es nur ein namhaftes Hüttenwerk zu Alelik im Departement Constantine.

---

[1]) Stahl und Eisen 1899, S. 669.

Digitized by Google

Bezüglich der Fortschritte der französischen Eisenindustrie sind in chronologischer Folge nachfolgende Ereignisse zu erwähnen. 1870 wurde der Schutzzoll für Eisen erhöht, um französisches Puddeleisen gegen schwedisches Schweifseisen konkurrenzfähig zu erhalten. 1871 führte Bérard zu Givors ein neues Stahlschmelzverfahren, das einer Treibarbeit auf beweglichem, auswechselbarem Herde entsprach, ein. Es war dem Martinprozefs ähnlich, nur wurde Gebläsewind auf das flüssige Eisenbad geblasen und später dem überblasenen Flufseisen Spiegeleisen zur Rückkohlung zugesetzt. Dieser Betrieb wurde von Whitney in England eingeführt.

De Laglade baute 1871 zu Savignac einen Puddelofen mit Regenerator nach Plänen von W. Siemens, in dem gewaschene Hochofengase zur Verwendung kamen. Das Waschen der Gase geschah nach einem von Laglade erfundenen und patentierten Verfahren mit Wasserbrause. Dieser Gaspuddelprozefs war wesentlich billiger als der vordem in Burgund übliche und Laglade erzielte damit angeblich eine Ersparnis von 80 Frcs. für die Tonne.

1872 befürwortete der hervorragende Metallurge Gruner, dessen vortreffliche analytische Studien über den Hochofen 1871 erschienen waren, die Verwendung von gebranntem Kalk als Zuschlag beim Erzschmelzen. — Valton schmolz in demselben Jahre Siliciumeisen mit 10 bis 12 Prozent Silicium in Tiegeln, während es M. A. Pourcel um dieselbe Zeit zu Terre-Noire gelang, Silico-Spiegeleisen im Hochofen darzustellen.

1873 trat Ponsard mit seinem beständig wirkenden Regenerator, bei dem die Abhitze zur Erwärmung der Verbrennungsluft in zahlreichen Kanälen verwendet wurde, auf.

Unter den hervorragenden Betrieben jener Zeit verdienen die Bandagenfabrik von Petin & Gaudet, die Röhrengiefsereien zu Pont-à-Mousson und Frouard und die Spiegeleisenfabrikation zu Alais Erwähnung.

Darmoys mechanisches Puddelverfahren wurde 1873 zu Riancourt eingeführt. Simon und Lemut hatten einen rotierenden Puddelofen konstruiert. Hochöfen nach dem System von Büttgenbach in Neufs wurden in Anzin, Givors, Lyon, St.-Louis bei Marseille und zu St.-Dizier erbaut.

Auf der Hütte zu l'Aveyron erzeugte man 1873 ein Roheisen mit 6 bis 7 Prozent Silicium, das als Fonte glacée in den Handel kam; auch die Hütte St.-Louis bei Marseille erblies ein Roheisen mit etwa 4 Prozent Silicium.

L. Troost und P. Hautefeuille untersuchten die aus dem flüssigen Roheisen und Flufseisen entweichenden Gase[1]) und wiesen nach, dafs Wasserstoff mehr absorbiert wird als Kohlenoxydgas. — Jordan veröffentlichte wichtige Studien über die Wärmeentwickelung im Bessemerkonverter. Zu Firminy wurden Säbelklingen aus einem Flufsstahl, der 3 Prozent Wolfram enthielt, hergestellt, die an Güte den besten Damastklingen gleich kamen.

In den Röhrengiefsereien von Marquise, Pas de Calais und zu Pont-à-Mousson (Haldy & Röchling) wurde Devaillys Formmaschine eingeführt.

Das Stahlwerk zu Creusot, das sich immer grofsartiger entwickelte, erzielte einen kontinuierlichen Betrieb seiner Konverter durch auswechselbare, vorgewärmte Böden[2]). Hier wurde ferner ein 70 prozentiges Ferromangan in der Weise dargestellt, dafs man Braunstein mit Kohle gemischt in Roheisen, das in einem Siemensofen eingeschmolzen war, eintrug.

Petin & Gaudet führten zu St.-Chamond[3]) den rotierenden geneigten Herd (Zellenofen) von Pernot ein, und man hoffte damit dem Bessemerprozefs Konkurrenz machen zu können. Pernot, der Direktor der Werke von St.-Chamond, hatte daselbst 1868 ein gutes Universalwalzwerk erbaut. — Zu Terre-Noire schmolz 1874 A. Pourcel Ferromangan im Flammofen und erzielte durch Zusatz von diesem im Martinofen einen guten weichen Stahl. 1875 führte Voisin seinen verbesserten Kupolofen ein, der auch aufserhalb Frankreichs Anklang fand.

Gegen Mitte der siebziger Jahre fanden die steinernen Winderhitzer bei den Hochöfen allgemeine Verbreitung. Zu Longwy hatte man Whitwellapparate; zu Pont-à-Mousson Winderhitzer von Karcher & Westermann; Dupont & Fould und Adelsward bauten Cowperapparate; zu Terre-Noire hatte man früher mit eisernen Pistolenröhrenapparaten nur 375° C. Windtemperatur und eine Tagesproduktion von 37 700 kg mit einem Koksverbrauch von 1466/1000 erzeugt, 1876 erzielte man (nach Dürre) mit Cowperapparaten 600 bis 700° C. und eine Tageserzeugung von 51 500 kg bei 950/1000 Koksverbrauch. Die verbesserten Gichtgasfänge von Coingt-Minary-Lespinats waren zu Maizières bei Metz, Neuves-Maisons bei Nancy und in Longwy, wo auch Minarys-Schlackenzerkleinerung durch Granulation im Wasser verwendet wurde, eingeführt.

---

[1]) Comptes rendus 1873, XXVI, p. 482.

[2]) Annales des mines 1873, Tome III, p. 105.

[3]) Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1876, S. 22.

Digitized by Google

Ferromangan wurde damals zu Terre-Noire in der Weise dargestellt, dafs gefälltes Manganoxyd von Chlorkalkfabriken mit gepulverten Moktaerzen und 15 Prozent Steinkohlenstaub gemengt zu Briketts geformt, in einem Four dormant (Glühofen) erhitzt und heifs in den Siemensofen eingetragen wurde. Beim Beginn des Schmelzens wurde etwas Spiegeleisen zugesetzt. Die Herstellungskosten von 50 prozentigem Ferromangan betrugen 800 bis 900 Frcs. für die Tonne, der Verkaufspreis 2000 Frcs.[1]). 1874 begann man zu St.-Louis bei Marseille und zu Montluçon-Fourchambault Ferromangan im Hochofen zu erblasen. 1875 ging auch Terre-Noire hierzu über.

Espinasses Rührapparat war 1875 zu Firminy bei neun Puddelöfen erfolgreich in Anwendung. Menessiers Puddelofen mit schwingendem Cylinder, der 1874 patentiert worden war, befand sich 1876 auf dem Eisenwerke von Onzion in Betrieb. In diesem Jahre machte Gautier zu Terre-Noire Versuche, dichte Flufsstahlblöcke durch Pressen, mit gröfserem Erfolg aber durch Zusatz von Mangansilicid zu erhalten.

1877 kam zu Creuzot der Riesendampfhammer von 70 Tonnen Fallgewicht und 5500 mm Hub, der Krupps 1000-Centner-Hammer um das Doppelte an Leistungsfähigkeit übertraf, in Betrieb. Zu Terre-Noire gewann man unter Pourcels Leitung Ferromangan im Hochofen. Man erzeugte 42 Tonnen von 74 bis 82 Prozent Mangangehalt mit Wind von 750° C. Hier führte man ferner statt der Siemens-Martin-Öfen Pernot-Öfen ein. Zu Maubenge im Departement du Nord wurde der Hamoirprozefs, bei dem ein Vorfrischen des Roheisens durch Durchblasen heifser Luft im Tellerofen stattfand, versucht, doch erfüllte sich die Hoffnung, durch ihn mit Erfolg den Bessemerprozefs zu ersetzen, nicht. — Seit 1877 schmolz Henry A. Brustlein Chromstahl (Ferrochrom) für Geschosse. In Unieux wurde seit 1878 von Holtzer & Co. Chromstahl im grofsen verwendet.

1878 fand die dritte Weltausstellung in Paris statt, welche einen guten Überblick der Fortschritte der französischen Eisenindustrie gewährte. Zunächst fiel dabei die bessere Qualität des Eisens auf, teils infolge der Verwendung reinerer fremder Erze, teils infolge besserer Frischverfahren. Die Extrasorten von Stahl und Stahllegierungen, worin Frankreich sich auszeichnete, haben wir bereits angeführt. Holtzer, Dorian & Co. zu Unieux bei St.-Etienne und Terre-Noire stellten

[1]) Stahl und Eisen 1890, S. 321.

Chromstahl aus; letzteres solchen mit 25 bis 26 Prozent Chrom, sowie auch Manganeisensilicid. Terre-Noire führte auch „Phosphorstahl“ vor, der mehr Phosphor als Kohlenstoff enthielt und zur Schienenfabrikation Verwendung fand.

Von Fortschritten der Betriebsmittel sind zu nennen: die neuen Koksöfen nach Smets System zu Terre-Noire, die Vergröfserung der Hochöfen daselbst, wodurch eine Tagesproduktion von 50 000 bis 60 000 kg bei einem Koksverbrauch von 1 : 1 erzielt wurde. Einen „Musterofen“ hatte die Compagnie des chemins de fer d'Orléans ausgestellt. Die neuen Hochöfen waren mit Blechmänteln oder Eisenbändern bekleidet, die Parryschen Trichter mit Dupont & Foulds Verteilungsring versehen. Der neue Hochofen zu Micheville, in dem gutes Giefserei-Roheisen aus Minetteerzen erblasen wurde, hatte 26 m Höhe und 6,75 m Weite im Kohlensack. Er war mit fünf Whitwellapparaten ausgerüstet und erzeugte 60 000 kg Roheisen den Tag.

Für Eisen- und Stahlgiefserei war Piats transportabler Schmelzofen (D. R.-P. Nr. 152 von 1877) von Wichtigkeit. Die Hütte von Angleur hatte schönen Stahlgufs vorgeführt.

Für den Puddelbetrieb dienten Schneiders Puddelöfen mit besonderer Vorrichtung zum Teilen der Luppen, sodann Casson-Darmoys Puddelöfen auf Kugeln beweglich mit Siemens-Gasfeuerung. Lemuts Ofen (1876) war aufser mit mechanischem Puddler mit einer Zuführung von stark erwärmter Luft und Wasserdampf unter dem Rost versehen. Der mechanische Puddler von Epinasse war ebenfalls ausgestellt. Ponsards Forno-Convertisseur war eine Neuheit, von der behauptet wurde, dafs sie die Nachteile des Bessemer- und des Martinverfahrens vermeide. Pernots Tellerofen hatte sich zu St.-Chamond für den Martinprozefs bewährt. Tessié de Motay hatte 1876 versucht, die Phosphorabscheidung im Konverter durch ein Futter von Magnesiaziegel zu bewirken, ohne dies Ziel aber zu erreichen. Wie bekannt, hatte Gruner schon Anfang der siebziger Jahre eine Kalkauskleidung der Bessemerbirne zu diesem Zweck vorgeschlagen.

Am grofsartigsten war wieder die Ausstellung von Schneider-Creusot in einem besonderen Pavillon. Das Werk beschäftigte 15 650 Arbeiter und die Maschinen lieferten 13 000 Pferdekräfte. 1877/78 waren 165 000 Tonnen Roheisen und 155 000 Tonnen Eisen und Stahl erzeugt worden. Die gröfste Bewunderung erregte ein Gufsblock aus Martinstahl von 120 000 kg Gewicht, der unter dem 80 000 kg-Hammer bearbeitet war. 1867 hatte man gewalzte Platten

Digitized by Google

von 10 bis 12 Tonnen Gewicht angestaunt, jetzt walzte man solche von 25 bis 30 Tonnen ohne Schwierigkeit.

Das Stahlwerk zu Firminy zeichnete sich durch seinen in Siemens-Schmelzöfen erzeugten Gufsstahl aus. Die Hütte zu Chaléassière führte das Modell eines Blechwalzwerkes mit hydraulischer Ausrückvorrichtung von Kitson und Chalas vor.

Zu der anregenden Ausstellung von Terre-Noire wurden folgende geschichtliche Daten mitgeteilt. 1862 war der Bessemerprozefs, 1868 das Martinieren eingeführt worden. Seit 1873 machte man Schienen aus Phosphorstahl, seit 1875 Ferromangan; die Werke der Gesellschaft Terre-Noire, Lavoulte und Bessèges lagen in den Departements Loire, Ardèche und Gard. Sie umfafsten aufser den Bergwerken 19 Hochöfen, 8 Bessemerwerke, 15 Martin- und 84 Puddelöfen u. s. w. Die Arbeiterzahl betrug 7442, die Maschinen lieferten 8505 Pferdekräfte. Die für die Flufsstahlfabrikation geeignetsten Erze wurden aus Algier, den französischen Ostpyrenäen und aus Spanien bezogen. Manganerze kamen zum Teil vom Kaukasus. Selbstbereitetes Kieselmanganeisen (Silicid) diente zur Darstellung von blasenfreiem Flufsstahl. Es wurde auch blasenfreier Martinstahl gemacht. Die gehärteten Stahlgeschosse durchschlugen Panzerplatten, ohne zu zerspringen. Man bereitete den Stahl aus Roheisen mit 6 bis 8 Prozent Mangan. Dem Flufsstahl wurden nach dem Verfahren von M. A. Pourcel 3 bis 4 Prozent Mangansilicid zugesetzt, die fertigen Spitzkugeln enthielten 0,45 Prozent Kohlenstoff und 0,70 Prozent Mangan. 1879 erbaute man für diesen Zweck zwei 20-Tonnen-Öfen, die gröfsten damals bestehenden.

Im Jahre 1880 wurde das Entphosphorungsverfahren von Thomas und Gilchrist in Frankreich eingeführt und je ein basischer Konverter zu Creusot und Angleur aufgestellt. Dafs Ponsards Fornoconvertiseur besser sein sollte, war Reklame. Harmets Entphosphorungsverfahren von 1879 (D. R.-P. Nr. 8549) beruhte auf einer Teilung der Operation, indem das Roheisen erst in einer sauren Birne entkieselt, dann in einer basischen entphosphort werden sollte.

Nach Trasenster erzeugte Creusot 1880 Thomas-Roheisen aus Erzen von Mazenay um 40 Frcs. pro Tonne billiger als Bessemer-Roheisen. — Flotat zu Rachecourt konstruierte 1880 ein verstellbares Triowalzwerk ohne Vertikalwalzen für Flacheisen.

Auf den Werken der Terre-Noire-Gesellschaft zu Bessèges wurden Koksöfen mit Teer- und Ammoniakgewinnung nach Carvés

Digitized by Google

System (verbesserte Knab-Öfen) eingeführt. Lencauchez liefs sich einen Gebläseofen mit rotierendem Herd patentieren.

Nach Delafond verlief der Thomasprozefs zu Creusot anfangs ungünstig, weil das Roheisen nur 0,9 Prozent Phosphor enthielt, er besserte sich, als man den Phosphorgehalt bis zu 2,5 Prozent erhöhte.

Pourcel trat besonders warm für das basische Verfahren ein, und bis 1881 wurde das Thomaspatent aufser von Creusot und Angleur von Longwy, Montataire, Chatillon et Commentry, Denain, St.-Chammond, de Wendel und der Société du Nord et de l'Est erworben.

Pourcels Eisenmangansilicid-Verfahren wurde in England, Rufsland, Schweden und Amerika eingeführt. Das Eisenmangansilicid von Terre-Noire enthielt 13,5 Prozent Silicium und 18 Prozent Mangan. Es wurde in ähnlicher Weise zugesetzt wie Ferromangan.

Das von de Wendel & Co. zu Joeuf an der lothringisch-deutschen Grenze neuerbaute Werk mit zwei Hochöfen wurde mit sechs Thomaskonvertern von 7 bis 8 Tonnen ausgerüstet. — Ebenso wurde 1880 die Hütte St.-Martin, westlich von Longwy, in ein grofses Stahlwerk umgebaut, nachdem die Gesellschaft die Konzession für das Thomasverfahren von Angleur zu hohem Preise — gegen eine Prämie von 5 Francs für die Tonne — erworben hatte. Die Anlage umfafste sechs Hochöfen und drei um einen Mittelkran gruppierte Thomaskonverter zu 10 Tonnen.

1881 wurde ein Thomaswerk von der Société du Nord zu Valenciennes nach amerikanischem Muster erbaut, während ein anderes zu Thy nach englischem Plan errichtet wurde.

Creusot baute 1880/81 den ersten basischen Flammofen, und die Entphosphorung gelang damit vollständig[1]). Nach Analysen vom September 1881 war der basische Flufsstahl reiner und gleichförmiger als saurer und trotz seiner geringeren Zugfestigkeit waren die daraus gewalzten Schienen statisch und dynamisch den Bessemerschienen gleich. Creusot machte Panzerplatten aus Flufsstahl. Nach einer Berechnung von Ch. Walrand[2]) stellten sich die Erzeugungskosten einer Tonne Bessemerstahl aus Roheisen aus Mokta- und Bilbaoerzen, das 100 Frcs. pro Tonne kostete, auf 126,86 Frcs., die einer Tonne Thomasstahl aus Roheisen, das aus inländischen, oolithischen Erzen erblasen war und nur 60 Frcs. die Tonne kostete, auf 94,49 Frcs.

---

[1]) Siehe Delafond in Annales des Mines 1882, 2. livr.

[2]) Revue universelle 1881, September und Oktober.

Digitized by Google

Pourcel bediente sich seit 1880 des Chromeisenerzes als Ausfütterungsmittel für Flammofenherde.

1881 wurde in Paris die Druckluftanlage, System V. Popp, von der Stadt konzessioniert. Ursprünglich nur für den Betrieb pneumatischer Uhren bestimmt, fand sie bald Verwendung für zahlreiche Motoren der Kleingewerbe.

Am 15. Mai 1882 trat der neue Konventionaltarif in Kraft.

Ende März 1883 starb zu Beaucaire Louis Emanuel Gruner, Professor der Bergakademie und Generalinspektor der Bergwerke, der sich um die französische Eisenindustrie hochverdient gemacht hatte und als metallurgischer Schriftsteller Weltruf genoſs.

1884 erfanden Walrand & Delattre ihren kleinen, drehbaren Konverter, der sich besonders für Stahlgieſsereien eignete.

Im Departement Haute-Marne erzeugte man im Puddelofen Feinkorneisen durch Zusatz von kohlensaurem Natron. In Eureville verwendete man hierfür Kochsalz. Man arbeitete in Doppelöfen von 500 kg Einsatz mit fünf Arbeitern.

Die Werke Denain und Anzin bei Valenciennes (Dep. du Nord) hatten sich sehr vergröſsert. Sie zählten 1884 10 groſse Hochöfen, wovon 8 in Betrieb standen, 7 Kupolöfen, 4 Konverter zu 10 Tonnen, 70 Puddelöfen, 2 Pernotöfen u. s. w. Die Werke, welche an Bergwerken bei Bilbao beteiligt waren, hatten zwei eigene Seedampfer für den Erztransport von Spanien. Man verschmolz 180 000 Tonnen ausländische Erze. Die Erzeugung von Roheisen betrug 150 000 Tonnen, von Schmiedeeisen und Stahl 120 000 Tonnen, die Arbeiterzahl 4000.

Nach einer Berechnung von Valton war der basische Prozeſs wegen der höheren Umwandlungskosten auf Nord- und Westfrankreich beschränkt, weil nur hier das gewöhnliche Roheisen so viel billiger war, daſs daraus ein erheblicher Nutzen erwuchs. Wo, wie im Moselgebiet, Hütten im stande waren, Roheisen für 40 Frcs. zu erblasen, war der Thomasprozeſs selbstverständlich.

Die Kleinbessemerei war 1885 durch die Société Clapp-Griffith auf mehreren Werken eingeführt, doch fanden die Clapp-Griffith-Öfen weniger Verbreitung als Walrand-Delattres kleiner Konverter, der eine Kombination von Birne und feststehendem Ofen war. Er arbeitete zuerst in Stenay, anfangs mit saurem, dann mit basischem Futter, besonders für die Stahlgieſserei.

1887 vereinigten sich die meisten Hochofenwerke des Depart.

Digitized by Google

Meurthe et Moselle zu gemeinschaftlichem Verkauf ihrer Roheisenerzeugung (Syndikat).

F. Gautier wies 1887 zuerst auf die planmäfsige Verwendung von Ferrosilicium in der Eisengiefserei hin. 1888 hielt er hierüber bei der Maiversammlung des Iron and Steel Institute in London einen Vortrag.

Zu Imphy stellte man 1887 eine Eisen-Nickellegierung mit 25 Prozent Nickel im Tiegel dar. Zu Longwy wurde 1887 in zwei Thomasbirnen zu 15 Tonnen Einsatz ein guter, weicher Stahl erzeugt, der als „Special Longwy" bezeichnet wurde. Das Roheisen wurde flüssig vom Hochofen in Pfannenwagen zur Birne gebracht, und man schmolz nur noch das Spiegeleisen im Kupolofen um.

1888 erfanden Mesuré und Nouel ihr optisches Pyrometer (lunette pyrométrique).

1889 fand die vierte Weltausstellung in Paris statt, die an Umfang alle früheren übertraf, in der die Eisenindustrie aber sehr unvollständig zur Darstellung kam, weil infolge der ungünstigen politischen Lage die Beteiligung des Auslandes gering war. Um so ausgiebiger hatte die französische Eisenindustrie [1]) ausgestellt, und auch diese Ausstellung bildet einen Markstein ihrer Entwickelung. Das grofse Schaustück der Ausstellung war der ganz aus Eisen erbaute 300 m hohe Eiffelturm. Der Riesenbau bestand aus 12000 Eisenteilen, die mit $2^1/_2$ Millionen Nieten verbunden waren; das Eisengewicht betrug 9 Millionen Kilogramm, die Herstellungskosten $6^1/_2$ Millionen Frcs. Das Eisen war von Fould-Dupont zu Pompey (Meurthe et Moselle) geliefert. Das gesamte Eisenwerk wurde in den Eiffelschen Werken zu Levallois Perret fertiggestellt.

Von praktischerem Wert und kaum weniger grofsartig war die eiserne Maschinenhalle [2]) von 105 m Spannweite, 48 m Höhe und 420 m Länge. Es war die gröfste Halle der Welt und dabei doch schön. Die Ausführung der Mittelhalle war von zwei Gesellschaften: Fives-Lille und Cail übernommen worden.

In der Ausstellung war der Süden Frankreichs, der aus reichen, reinen Erzen Qualitätseisen erzeugt, besser vertreten als das mittlere und nördliche Frankreich, welches mehr die Minetteerze des Mosel- und Maasgebietes zu Massenartikeln verarbeitete. — Von den Werken aus dem südlichen Frankreich thaten sich besonders die

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1889, S. 692, 852, 907.
[2]) A. a. O. 1889, S. 564.

Digitized by Google

Forges de St. Chamond durch schöne und grofse Schmiedestücke, darunter ein Stahlblock von 100 Tonnen und eine hohle, über einen Dorn geschmiedete Welle, sodann Marrel frères in Rive de Gier durch Stahlplatten, Schmiedestücke und Geschosse und die Aciéries de Firminy und Holtzer & Co. zu Unieux durch Stahlformgufs, letztere besonders durch ihre Chromstahlgeschosse, hervor.

Von den Werken im nördlichen Frankreich zeichnete sich die Société anonyme des hauts-fourneaux, forges et aciéries de Denain et Anzin in der Nähe von Valenciennes durch ihre Ausstellung aus.

Ein Rückblick auf die verflossenen 10 Jahre von 1877 bis 1887 ergiebt, dafs die Roheisenproduktion eine wesentliche Zunahme nicht erfahren, dafs die Verschiebung nach dem nordöstlichen Frankreich aber zugenommen hat. Dies zeigt sich schon aus der Verteilung der Hochöfen. Man zählte 1887 in:

Gruppe Nord und Pas de Calais	12
„ Meurthe und Moselle	31
„ Champagne	14
„ Franche Comté	2
„ Centre	7
„ Nord West	1
„ Périgord und l'Aveyron	4
„ Pyrénées und Landes	11
„ Loire und Rhone	10
„ Alpen	3
„ Süd-Ost	6
	101

Die ersten Gruppen enthielten zugleich die gröfsten Öfen. — Die Zahl der Hochöfen in Frankreich hatte sich seit 10 Jahren um die Hälfte vermindert, während die Produktion noch etwas gewachsen war, denn sie hatte 1877 1 522 266 Tonnen betragen und betrug 1887 1 567 622 Tonnen, die Leistungsfähigkeit der Öfen hatte sich also im Durchschnitt mehr als verdoppelt. Das Depart. Meurthe et Moselle hatte 1878 442 230 Tonnen, 1888 911 009 Tonnen erzeugt. Bei der Fabrikation schmiedbaren Eisens hatte sich das Schweifseisen gegen das Flufseisen, das doch in den anderen grofsen Eisenindustrieländern jenes überflügelt hatte, siegreich behauptet. 1877 betrug die Produktion von Flufseisen 269 181 Tonnen und von Schweifseisen 884 493 Tonnen, oder in Prozenten 21,6 und 78,4. 1887 waren die Zahlen 493 294 Tonnen und 771 610 Tonnen, oder 39 und 61 Prozent. 1877 gab es 1006, 1887 672 Puddelöfen, die Leistung eines Ofens war demnach von 879 Tonnen auf 1148 Tonnen im Jahre gestiegen.

Der Anteil des Puddelstahls war gering, er betrug 1877 20373 Tonnen. 1887 nur 12532 Tonnen. Die Geschicklichkeit der französischen Puddler und die Gewöhnung der Schmiede an das im Verhältnis zum Flufseisen leichter schweifsbare und im Feuer zu behandelnde Puddeleisen trug viel zu der Erhaltung des Puddelbetriebes bei. Pernotsche Drehöfen waren zu St.-Chamond und Rotationsöfen nach dem System Bouvard zu Creusot in Gebrauch. In den Depart. Nord und Meurthe et Moselle waren auf mehreren Werken Doppel-Puddelöfen mit 500 kg Einsatz in Betrieb.

Die Zahl der in Betrieb befindlichen Konverter zur Flufsstahlerzeugung betrug 1877 24, 1887 28. Allerdings zählte man 1887 44 Konverter, infolge der ungünstigen Konjunktur hatten aber mehrere Werke, wie Terre-Noire, Givors, Saint-Nazaire, Pagny sur Meuse, ihren Betrieb eingeschränkt.

Die neueren Bessemerwerke lagen meistens an der Küste und in Verbindung mit Hochöfen, die spanische Erze verschmolzen, so z. B. die von Denain, Isbergues, Saint-Nazaire, Boucau (1883 gegründet) und Beaucaire. Das Stahlwerk zu Isbergues, das von der Société des aciéries de France erbaut war, besafs zwei 8-Tonnen-Konverter in unmittelbarer Verbindung mit zwei Hochöfen und hatte eine Jahresleistungsfähigkeit von 100000 Tonnen.

Thomasstahl wurde 1888 nur auf fünf Werken dargestellt:

zu Joeuf	mit 6	Konvertern	und 64	Tonnen	Fassung
„ Longwy	„ 3	„	„ 45	„	„
„ Valenciennes	„ 2	„	„ 20	„	„
„ Creusot	„ 2	„	„ 20	„	„
„ Pagny sur Meuse . .	„ 2	„	„ 20	„	„

Um die Verwendung der Thomasschlacke als Düngemittel zur Anschauung zu bringen, hatte Creusot einen besonderen Pavillon in der landschaftlichen Abteilung errichtet.

Die Gesellschaft von Stenay hatte Stahlproben des von ihr neu eingeführten Robert-Prozesses, einer Kleinbessemerei mit D-förmiger Birne von 1 Tonne Inhalt, ausgestellt.

Herdflufseisen nach dem Siemens-Martinprozefs wurden im Jahre 143764 Tonnen in 49 Öfen erzeugt, und daraus 13709 Tonnen Schienen, 39557 Tonnen Bleche und 90498 Tonnen sonstige Eisensorten hergestellt. Die Gröfse der Öfen hatte zugenommen, Marrel frères hatten vier von je 35 Tonnen Fassung. Der Betrieb mit basischem Futter war nur wenig in Anwendung. Fourchambault und Alaise wendeten seit 1884 Futter von Chromeisenstein an.

Digitized by Google

Was die ausgestellten Fabrikate betrifft, so waren die für Kriegszwecke am bemerkenswertesten. Panzerplatten lieferten hauptsächlich Chatillon-Commentry und Creusot. Beide Werke sowie St.-Chamond beschäftigten sich auch mit der Herstellung von Panzertürmen. Geschosse lieferten besonders Marrel frères, Firminy, St.-Etienne, Jacob Holtzer & Co. (aciéries d'Unieux, Loire), die Gesellschaft von Ariège.

Von Neuerungen, die bei der Pariser Weltausstellung von 1889 zur Vorführung kamen, ist noch der Rollet-Prozefs, ein Reinigungsprozefs, um aus geringem Roheisen Qualitätseisen zu erzeugen, der 1886 in Firminy unter der Leitung des Erfinders eingeführt worden war, zu erwähnen. Das Roheisen wurde in einem Kupolofen mit basischem Futter unter Zuschlag von Flufsspat und Kalk mit heifsem Wind umgeschmolzen und dadurch Schwefel, Silicium und Phosphor zum gröfsten Teil entfernt. Firminy und die Gesellschaft de l'Horme hatten die Erzeugnisse dieses Verfahrens ausgestellt.

Die Werke von Chatillon und Commentry wendeten die Härtung des Stahls in flüssigem Blei mit Erfolg im grofsen an und hatten derart gehärtete Panzerplatten ausgestellt.

Osmond hatte zu Creusot wichtige Versuche über Stahlhärtung gemacht und 1888 seine geistreiche Theorie über die Doppelnatur des Stahls, die er aus zwei verschiedenen Allotropieen des Eisens, die bei verschiedenen Temperaturen bestehen und die er als α- und β-Eisen bezeichnete, aufgestellt.

Ende 1889 machte Creusot Panzerplatten aus Nickelstahl.

1891 stellte die neugebildete Gesellschaft „Ferro-Nickel" in Paris ihren Nickelo-Spiegel mit 6 bis 20 Prozent Nickel im Hochofen dar. — Charles Walrand und Eugène Legénisel liefsen sich ihr Verfahren, den in einer kleinen Birne erblasenen Stahl durch nachträglichen Zusatz von Silicium zu überhitzen und flüssiger zu machen, patentieren (D. R. P. Nr. 64950 vom 24. September 1891). Im Dezember desselben Jahres erliefs die französische Regierung neue Vorschriften für die Prüfung eiserner Brücken. Delafol liefs sich eine Formmaschine patentieren (D. R. P. Nr. 64628), die Verbreitung fand.

1892 gelang es Henri Moissan, Diamanten im Stahl nachzuweisen. 1892 entstanden die auf den Bezug ausländischer Erze begründeten Hauts fourneaux de Chasse zwischen Lyon und Marseille. Die Aciéries de St.-Etienne machten im basischen Martinofen als Spezialität Chromstahlbleche von 80 bis 90 kg Zugfestigkeit und 9

bis 10 Prozent Dehnung, die aber auch recht teuer waren. St.-Chamond hatte 1892 10 Martinöfen in Betrieb, darunter vier von 30 Tonnen Fassung, ferner eine Schmiedepresse von 4000 Tonnen Druck. 1892 verbesserte Le Chatelier das optische Pyrometer.

1893 wurde zu Creusot ein elektrischer Laufkran von 150 Tonnen Tragkraft, der erste von dieser Stärke, in Betrieb genommen. — 1895 stellte Franz Charpy wichtige Versuche über die Härtung des Stahles an.

Im allgemeinen waren die neunziger Jahre weniger reich an neuen Ideen und Erfindungen, um so energischer war das Bestreben, die wichtigen Fortschritte der voraufgegangenen Jahrzehnte zu verwerten. Die Flufseisenerzeugung, insbesondere der Thomasprozefs, erlangten eine von Jahr zu Jahr zunehmende Bedeutung. Dennoch dauerte es bis zum Jahre 1896, dafs die Produktion von Flufseisen die von Schweifseisen überflügelte. Das Verhältnis stellte sich in diesem Jahre auf 53 zu 47 Prozent, stieg 1898 auf 60 zu 40 Prozent, auf welcher Höhe es im Jahre 1899 verharrte. Die Verschiebung war nicht durch eine Abnahme des Schweifseisens, sondern nur durch die Zunahme des Flufseisens eingetreten. Die Schweifseisenerzeugung von 1899 war 842755 Tonnen, die höchste dieses Jahrzehnts, und war nur übertroffen worden in den Jahren 1879 bis 1884. Den Höchststand der Schweifseisenerzeugung zeigt das Jahr 1882 mit 1073021 Tonnen. Die Flufseisenproduktion war dagegen von 566197 Tonnen im Jahre 1890 auf 1253701 Tonnen in 1899 gewachsen. Hieran hatte das Thomas-Flufseisen den gröfsten Anteil. Da dieses zumeist im Nord-Osten Frankreichs in den Departements Meuse et Moselle und Nord hergestellt wurde, so erlangte die Eisenindustrie dieser Provinzen, welche die oolithischen, phosphorhaltigen Erze verschmolzen, immer mehr das Übergewicht. Während die Roheisenerzeugung Frankreichs von 1880 bis 1898 von 1725293 Tonnen auf 2505778 Tonnen, also um 45 Prozent stieg, wuchs sie im Depart. Meurthe et Moselle in derselben Zeit von 538132 Tonnen auf 1571344 Tonnen, also um 192 Prozent. Während 1880 der Anteil der Erzeugung dieses Departements an der Gesamtproduktion Frankreichs 31,2 Prozent betragen hatte, war er 1898 auf 62 Prozent gestiegen. In dem Reviere von Longwy war die Zahl der im Feuer stehenden Hochöfen in der Zeit von 1887 bis 1895 von 19 auf 33, und im Reviere von Nancy von 10 auf 16 gestiegen. Die Departements Meurthe et Moselle und du Nord erzeugten 1898 zusammen 73 Prozent der gesamten Roheisenproduktion Frank-

Digitized by Google

reichs, so dafs auf alle übrigen Departements nur 27 Prozent entfielen. — Von den neuen, auf das beste eingerichteten Hochofenhütten sind die der Société anonyme des Aciéries de Micheville mit fünf Hochöfen und die Hochofenhütte von Pont à Mousson mit fünf Hochöfen, Cowper-Apparaten von 30 m Höhe und Gichtgas-Trockenreinigern (System Cavallier) hervorzuheben[1]).

Während die Schweifseisenerzeugung von 1880 bis 1900 von 952 308 Tonnen auf 745 312 Tonnen zurückgegangen war, hatte die Flufseisenerzeugung von 388 894 Tonnen auf 1 264 737 Tonnen, also um 223 Prozent zugenommen.

Der gröfste Teil des Flufseisens wurde im Konverter erzeugt, doch hatte in der Zeit von 1882 bis 1899 die Herdstahlerzeugung mehr zugenommen als die des Konverterstahls. Letztere war von 273 410 Tonnen auf 698 053 Tonnen, also um 192 Prozent, erstere von 159 561 Tonnen auf 520 476 Tonnen, also um 226 Prozent gewachsen. Der Anteil des Konverterstahls und des Siemens-Martinstahls an der ganzen Flufsstahlerzeugung betrug 1882 63 und 37 Prozent, 1899 57 und 43 Prozent.

Welchen Anteil der basische oder Thomasprozefs, welchen der saure oder Bessemerprozefs liefert, läfst sich nicht genau angeben, da hierfür die statistische Grundlage fehlt. 1882 betrug der Anteil des Thomasstahls nur $4^1/_2$ Prozent, aber schon 1887 übertraf die Erzeugung von Thomasstahl die von Bessemerstahl. 1890 war das Verhältnis bereits 71 : 29 und seitdem hat die Thomasstahlerzeugung noch bedeutend zugenommen.

Die Fortschritte, welche die französische Eisenindustrie seit 1889 gemacht hatte, kamen auf der Weltausstellung von 1900 in glänzender Weise zur Darstellung. Besonders zeichnete sie sich in Spezialstahlen, namentlich in Nickelstahl aus[2]).

Frankreich gehört zu den Ländern, welche ihren Eisenbedarf nicht aus sich selbst befriedigen können, es ist vielmehr gezwungen, Eisenerze und Steinkohlen einzuführen. Letztere erhält es aus Belgien, Deutschland und England; Eisenerze bezieht es aus Spanien, Algier, Elba, Griechenland, Schweden und Deutschland. Die Einfuhr von Erzen aus dem Minettegebiete von Lothringen und Luxemburg hat in den letzten Jahren sehr zugenommen, so dafs der gröfste Teil der eingeführten Erze aus dem deutschen Zollgebiete stammt. Die Erzeinfuhr ist sehr bedeutend. 1897 betrug die eigene Förderung 3886 Kilo-

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1900, S. 1262.

[2]) Daselbst 1890, S. 899.

tonnen, die Einfuhr 2138 Kilotonnen, also 35,6 Prozent der Gesamtmenge, davon kamen 1464,5 Kilotonnen aus Deutschland. Trotzdem Frankreich gezwungen ist, zur Deckung seines Eisenbedarfs Erze und Kohlen einzuführen, erzeugt es doch so viel Eisen und Eisenwaren, dafs seine Ausfuhr darin seine Einfuhr bedeutend übertrifft. Vor übermäfsiger Einfuhr ist Frankreich durch hohe Zölle geschützt. Die Ausfuhr wird von der Regierung durch Prämien in Gestalt von Zollvergütungen durch „titres d'acquits à caution“ geschützt. Durch diese Zollfreiheit für den Veredelungsverkehr erlangte derselbe einen ansehnlichen Umfang. Auf Grund der titres d'acquits à caution betrug:

	die Einfuhr	die Ausfuhr
1888	124 078	115 432
1898	123 645	111 749

Daneben besteht aber ein bedeutender Ausfuhrhandel mit den eigenen Erzeugnissen der Eisenindustrie, sowohl mit Roheisen als mit Eisen- und Stahlfabrikaten. Diese Ausfuhr betrug 1888 216 771 Tonnen, 1898 313 902 Tonnen; zieht man hiervon die Einfuhr mit 73 934 Tonnen und 112 765 Tonnen ab, so ergiebt sich immer noch ein Überschufs der Ausfuhr gegen die Einfuhr von 142 837 Tonnen in 1888 und von 201 137 Tonnen in 1898. Bemerkenswert ist ferner die grofse Ausfuhr phosphorhaltiger Schlacken von den Puddel- und Schweifsöfen, die vom Auslande für die Herstellung von Thomas-Roheisen aufgekauft werden. Diese Ausfuhr von „Hammerschlag und Schlacken“ ist von 1888 bis 1898 von 130 871 Tonnen auf 307 273 Tonnen gestiegen.

Frankreich hat an den wissenschaftlichen Fortschritten der Eisenindustrie stets den lebhaftesten Anteil genommen und dies auch in der letzten Periode der Geschichte des Eisens glänzend bethätigt.

Digitized by Google

Statistik[1]) der Eisenindustrie Frankreichs 1871 bis 1899.

Erzeugung und Verbrauch an mineralischem Brennstoff seit 1811.

Jahr	Verbrauch kt	Erzeugung kt
1811	864	714
1820	1 348	1 094
1830	2 494	1 863
1840	4 980	3 113
1850	7 649	5 153
1860	14 270	8 304
1870	18 830	13 330
1880	25 322	19 362
1890	33 511	24 304
1898	43 295	32 356
1899	45 246	32 934

Jahr	Erzeugung	Einfuhr		Ausfuhr
		Kohlen	Koks	
	kt	kt	kt	kt
1892	26 179	9 422	1423	?
1895	28 020	9 392	1412	963
1897	30 337	9 674	1534	919
1898	31 908	11 900	1388	1013
1899	32 331	?	1424	?

Verbrauch in Eisenwerken 1898.

Steinkohlen	2600	Kilotonnen
Koks	3200	"
Holzkohlen	16	"

Koks-Einfuhr und -Ausfuhr in Tonnen.

Einfuhr			Ausfuhr		
1897	1898	1899	1897	1898	1899
1 533 950	1 374 590 (1 388 000)	1 423 610	70 870	62 180	63 970

[1]) Die Zahlen sind meistens den offiziellen Veröffentlichungen entnommen, in einigen Fällen den Bulletins des Comité des Forges de France, die nicht immer mit jenen übereinstimmen.

Einfuhr 1898 in Kilotonnen.

Aus	Kohle	Koks
England	5467	13
Belgien	3643	641
Deutschland	718	725
anderen Ländern	7	9
Zusammen	9835	1388

Ausfuhr 1898 in Kilotonnen.

Nach	Kohle	Koks
Belgien	594	19
der Schweiz	209	21
Spanien	55	—
Italien	31	15
Deutschland	10	1
Algier und den französischen Kolonieen	27	—
anderen Ländern	3	1
Durch fremde Schiffe	87	—
Zusammen	1016	57

Eisenerzförderung in Kilotonnen.

Jahr	in Frankreich	in Algier	Zusammen	Jahr	in Frankreich	in Algier	Zusammen
1875	2506	557	3053	1896	4062	374	4436[1]
1880	2874	614	3488	1897	4582	107	4689
1885	2318	419	2737	1898	4731	142	4873
1890	3472	475	3947	1900[2]	4846	602	5448
1895	3680	318	3998				

Eisenerzsorten in Kilotonnen und Preise pro Tonne.

Erzsorten	Kilotonnen			Proz. d. Erzeugung			Preis in Frcs.		
	1890	1894	1900	1890	1894	1900	1890	1894	1900
Oolithische Erze	2902	3348	4735	83,6	89	86,9	2,87	2,80	3,35
Brauneisenstein	78	79	268	2,2	2	4,9	9,45	8,83	7,51
Hydroxyde anderer Art	262	154	171	7,5	4	3,1	6,54	6,19	6,80
Roteisenstein	171	130	205	5,0	3	3,8	6,17	5,49	5,98
Spateisenstein	59	61	69	1,7	2	1,3	9,22	7,54	4,72
Zusammen	3472	3772	5448	100,0	100	100,0	3,57	3,26	3,78
							im Durchschnitt		

[1]) Hiervon durch Bergbau 3523 Kilotonnen, durch Tagebau 913 Kilotonnen.

[2]) Nach dem Bulletin des „Comité des Forges“ vom März 1902. — Durch Bergbau 467 725, durch Tagebau 771 Kilotonnen.

Digitized by Google

Erzeinfuhr in Tonnen.

	1888	1890	1892	1894
Im ganzen	1 310 695	1 610 244	1 683 723	1 638 000
Aus Deutschland (und Luxemburg)	834 891	1 031 518	1 071 156	1 162 000
Aus Spanien	387 487	479 372	461 552	396 000

	1897	1898	1900
Im ganzen	2 138 000 (Ausfuhr 289 694)	2 032 000 (Ausfuhr 291 346)	2 119 000 (Ausfuhr 372 000)
Aus Deutschland (und Luxemburg)	1 464 500	1 411 000	1 501 000
Aus Spanien	496 016	445 000	450 749

Ein- und Ausfuhr von Eisenerzen im Jahre 1894 in Kilotonnen.

Einfuhr aus:

Algier	16
Deutschland (und Luxemburg)	1162
Spanien	396
Belgien	46
Griechenland	8
Anderen Ländern	10
Zusammen	1638

Ausfuhr aus Frankreich nach:

Belgien	110
Holland	55
Deutschland	48
Anderen Ländern	35
Zusammen	248

Ausfuhr aus Algier nach:

England	172
Holland	103
Frankreich	16
Belgien	12
Österreich und anderen Ländern	5
Zusammen	308

Verhüttet wurden in Kilotonnen.

	1890	Prozent	1894	Prozent	1900	Prozent
Einheimische Erze .	3187	66,0	3524	68,3	5076	70,6
Algerische Erze . .	43	0,9				
Ausländische Erze .	1610	33,1	1638	31,7	2119	29,4
Zusammen	4840	100,0	5162	100,0	7195	100,0

Digitized by Google

Roheisenerzeugung in Tonnen.

Jahr	mit Holzkohlen	mit gemischtem Brennstoff	mit Koks	Summe	Hiervon	
					Puddel- u. Konverterroheisen	Gießereiroheisen
1871 . . .	70 912	13 098	775 631	859 641	—	—
1872 . . .	90 104	60 134	1 067 600	1 217 838	—	—
1873 . . .	132 017	58 527	1 176 427	1 366 971	—	—
1874 . . .	142 351	72 042	1 187 729	1 402 122	—	—
1875 . . .	121 881	61 775	1 232 072	1 415 728	—	—
1876 . . .	97 727	75 112	1 276 699	1 449 438	—	—
1877 . . .	99 116	63 281	1 369 869	1 522 266	—	—
1878 . . .	74 642	46 979	1 386 625	1 508 246	—	—
1879 . . .	47 014	23 697	1 329 575	1 400 286	1 097 128	303 162
1880 . . .	54 890	28 834	1 641 569	1 725 293 [1]	1 382 365	342 981
1881 . . .	53 482	32 841	1 808 538	1 894 861	1 521 521	373 341
1882 . . .	55 163	43 902	1 940 002	2 039 067	1 597 749	441 318
1883 . . .	51 232	33 403	1 984 795	2 069 430	1 618 526	450 904
1884 . . .	40 713	30 423	1 784 111	1 855 247	1 487 952	367 295
1885 . . .	29 115	16 069	1 585 464	1 630 648	1 257 074	373 574
1886 . . .	11 469	7 944	1 497 161	1 516 574	1 200 731	315 843
1887 . . .	11 697	9 189	1 546 736	1 567 622	1 211 730	355 892
1888 . . .	12 823	8 471	1 662 055	1 683 349	1 306 465	376 884
1889 . . .	8 361	5 791	1 708 328	1 722 480	1 306 744	415 736
1890 . . .	12 486	24 629	1 925 081	1 962 196 [1]	1 543 023	419 173
1891 . . .	10 385	19 275	1 867 727	1 897 387	1 475 994	421 793
1892 . . .	12 366	12 855	2 032 037	2 057 258	1 623 771	433 487
1893 . . .	6 125	15 964	1 981 007	2 003 096	1 522 115	480 981
1894 . . .	7 153	12 195	2 058 299	2 077 647	1 602 254	475 393
1895 . . .	9 111	11 950	1 982 807	2 013 868 [1]	1 535 804	467 064
1896 . . .	8 864	15 215	2 309 623	2 333 702	1 840 341	493 361
1897 . . .	6 479	17 558	2 448 106	2 472 143	1 951 578	520 565
1898 . . .	7 653	19 119	2 457 419	2 484 191 [1]	1 962 370	521 821
1899 . . .	13 762	11 043	2 542 583	2 567 288	2 058 554	508 834
1900 . . .	14 937	14 082	2 670 475	2 699 494	2 159 461	540 033

Roheiseneinfuhr.

	1894	1895	1896	1898	1899	1900
Puddel- und Gießereieisen . .	54 607	33 442	19 488	62 440	96 638	145 573
Ferromangan, Siliciumeisen usw.	4 466	3 542	2 705	3 485	4 454	4 284
Zusammen	59 073	36 984	22 193	65 925	101 092	149 857

Roheisenausfuhr.

	1894	1895	1896	1898	1899	1900
Puddel- und Gießereieisen . .	117 952	161 247	195 212	161 431	153 792	114 361
Ferromangan, Siliciumeisen usw.	41	62	96	350	220	10
Zusammen	117 993	161 309	195 308	161 781	154 012	114 371

[1]) Hiervon Meurthe et Moselle:

1880 . . .	538 132	Tonnen	31,2	Proz.	
1890 . . .	1 084 035	„	51,5	„	
1895 . . .	1 278 522	„	63,7	„	
1898 . . .	1 571 344	„	62,0	„	und Dep. du Nord 11,0 Proz.

Digitized by Google

Roheisenproduktion der wichtigsten der 23 Departements mit Hochofenhütten.

	1873	1875	1877	1878	1886	1895	1899
Meurthe et Moselle .	253 804	298 850	385 663	442 230	738 000	1 254 500	1 564 745
Nord	111 879	143 235	174 448	181 108	216 000	207 685	297 000
Pas de Calais	?	55 755	54 040	32 798	91 000	75 710	93 738
Gard	?	63 904	82 978	98 267	89 000	40 829	80 807
Saône et Loire . . .	138 966	172 301	156 904	150 492	75 000	98 713	86 206
Ardèche	?	?	104 804	83 312	?	14 230	21 031
Haute-Marne	73 333	?	113 725	82 207	?	59 998	56 239

Jahr	Zahl der Hütten	Zahl der Hochöfen im Betrieb			
		mit Koks	mit Holzkohlen	mit gemischtem Brennst.	Zusammen
1890	70	100	9	10	119

Roheisenerzeugung Frankreichs im Jahre 1896.

Departements	Brennstoff	Puddeleisen	Giefsereieisen und Gufs I. Schm.	Zusammen	1899 Insgesamt
Allier	Koks	17 884	8 522	26 406	24 009
Ardèche	„	9 800	3 833	13 633	24 031
Ariège	„	16 025	—	16 025	24 848
Aveyron	„	10 897	—	10 897	23 952
Bouche du Rhône	„	20 836	—	20 836	11 737
Charente	Holzkohle	350	—	350	500
Cher	Gemischt	—	13 942	13 942	11 043
Dordogne	Holzkohle	30	150	180	500
Gard	Koks	29 387	11 988	41 375	80 807
Isère	„	37 048	475	37 523	37 690
Landes	„	62 822	4 340	71 548	77 135
	Holzkohle	2 360	2 025		
Loire	Koks	22 139	3	22 142	15 457
Loire inférieure	„	50 291	14 188	66 479	75 012
Lot et Garonne	„	920	18 156	19 076	22 860
Haute-Marne	„	26 197	30 016	58 767	56 239
	Holzkohle	1 235	46		
	Gemischt	—	1 273		
Meurthe et Moselle	Koks	1 076 517	379 009	1 455 526	1 564 745
Nord	„	263 989	—	263 989	297 000
Pas de Calais	„	72 954	—	72 954	93 738
Pyrénées Orientales	Holzkohle	1 257	—	1 257	4 348
Rhône	Koks	12 124	3 223	15 347	25 496
Haute-Saône	Holzkohle	1 365	45	1 410	1 629
Saône et Loire	Koks	99 903	—	99 903	86 206
Tours	„	4 010	2 127	6 137	8 406
Insgesamt	—	—	—	2 333 702	2 567 288

Hochofenwerke und deren Leistungsfähigkeit 1897 pro Tag in Tonnen.

(Écho des Mines et de Métallurgie, 20. Jan. 1898. — Stahl u. Eisen 1898, S. 238.)

Werke	Zahl der Hochöfen	In Betrieb	Aufser Betrieb	Puddeleisen	Giefserei-eisen	Thomaseisen
Ostfrankreich:						
Société des aciéries de Longwy	7	7	—	—	—	7— 550
Société métallurgique de Gorcy	2	2	—	2— 100	—	—
Gustave Raty & Co.	4	4	—	1— 100	3— 220	—
Société métallurgique de Senelle-Maubeuge	3	2	1	—	2— 160	—
F. de Saintignon & Co., Longwy	3	3	—	1— 70	2— 155	—
Ferry, Curricque & Co.	4	4	—	—	—	4— 450
Société métallurgique d'Aubrives et Vilerupt	2	2	—	—	2— 150	—
Société Lorraine industrielle à Hussigny	2	2	—	2— 200	—	—
Société des hauts fourneaux de la Chiers	2	2	—	1— 120	1— 90	—
Société des forges et hauts fourneaux de Vilerupt-Laval-Dieu	2	1	1	1— 95	—	—
Société des forges de la Providence, Rehon	3	2	1	1— 120	1— 80	—
Société métallurgique de l'Est	1	1	—	—	1— 80	—
Société du Nord et de l'Est à Jarville	5	4	1	2— 150	—	2— 180
Société du Vezin-Aulnoye à Pont-Fleuri	3	2	1	2— 185	—	—
Société métallurgique de Champigneulles, Neuves-Maisons	2	2	—	1— 130	1— 90	—
Fould, Dupont à Pompey	2	2	—	—	—	2 - 220
Société de Montataire à Frouard	3	2	1	2— 200	—	—
Société anon. des hauts fourneaux et fonderies de Pont à Mousson	5	4	1	—	4— 200	—
Société Reverchon et Co. à Champigneulles	2	—	2	—	—	—
Société métallurgique à Liverdun	2	—	2	—	—	—
Forges de Champagne, à Marnaval	4	4	—	3— 70	1 - 65	—
[illegible]	[illegible]	1	1		1 [illegible]	

Capitaine Gény et Co.	1	1	—	—	1— 12	—
Dr. Beurges (forges de Manois)	2	1	1	1— 4	—	—
	70	57	13	20—1544	22—1418	15—1400
					4362	
Nordfrankreich:						
Aciéries de France	2	1	1	—	—	1—125
Denain Anzin	5	4	1	1— 90	—	3—190
Hauts fourneaux Maubeuge	2	1	1	1— 95	—	—
Vezin-Aulnoye	1	1	—	1— 90	—	—
	10	7	3	3—275	—	4—315
					590	
Centrum und Südfrankreich:						
Adour aciéries de la Marine (Boucau)	3	3	—	—	—	3—225
Alais	9	4	5	2— 80	2— 80	—
Ariège, Société métallurgique	2	1	1	1— 40	—	1— 55
Chasse hauts fourneaux	2	2	—	—	—	2—100
Chatillon Commentry	2	1	1	1— 40	—	—
Commentry Fourchambault	4	2	2	1— 50	1— 30	—
Crans	2	—	2	—	—	—
Firminy	1	1	—	—	—	1— 60
Gaz et hauts fourneaux Marseille	1	—	1	—	—	—
Gourju Alphons	1	1	—	1— 15	— 38	—
L'Horme (Le Pouzin)	5	—	5	—	—	—
Périgord, soc.	2	1	1	1— 45	—	—
Prenat Larochette	1	1	—	—	1— 20	—
Rosières, soc.	2	1	1	1	—	—
Saut du Tarn	1	1	—	1— 25	—	—
Schneider	5	5	—	2—140	—	3—210
Trignac	3	2	1	—	1—120	1—130
	46	26	20	10—435	5—278	11—780
					1493	

Digitized by Google

Gröſste Hochofenhütten Frankreichs Ende des 19. Jahrhunderts.

Werke	Hochöfen		Erzeugung in Tonnen		
	vorhanden	in Betrieb	Puddelroheisen	Gieſsereiroheisen	Thomasroheisen
Ostbezirk:					
Soc. des Aciéries de Longwy	7	7	—	—	550
Gustave Raty & Co.	4	3	100	180	—
Soc. a. des Aciéries Micheville	5	5	—	—	630
T. de Saintignon & Co., Longwy	4	4	70	220	—
Soc. du Nord et de l'Est à Jarville	5	3	185	—	80
Chatillon-Commentry: Neuves-Maisons	3	3	130	180	—
Fould Dupont à Pompey	4	2	—	—	300
Soc. de Montataire à Frouard	4	3	100	—	160
Soc. anon. des h. f. et fonderies de Pont-à-Mousson	5	5	—	300	—
Soc. de Wendel & Co.	6	5	—	—	600
Forges de Champagne	4	4	80	55	—
Nordbezirk:					
Aciéries de France	3	2	—	—	250
Denain Anzin	6	6	270	—	270
Mittel-, Süd- und Westbezirk:					
Aciéries de la Marine (Boucau)	3	3	175	30	—
Alais-Bassèges	7	5	160	35	—
Ariège Soc. métallurg.	3	3	49	—	55
Soc. Horme, Buire (Le Pouzin)	4	2	60	130	—
Schneider, Le Creuzot	5	4	80	—	240

Erzeugung von Schweiſseisen in Tonnen.

Jahr	Mit Holzkohle	Mit gemischtem Brennstoff	Mit Steinkohle	Zusammen	Hierzu Blech
1873	19 627	23 693	716 949	760 269	129 623
1874	25 296	19 269	723 872	768 437	117 154
1875	23 280	21 265	710 897	755 422	114 931
1876	18 502	19 267	698 503	733 272	115 137
1877	21 110	17 557	708 770	747 437	125 361
1878	14 484	12 823	654 368	681 675	123 666
1879	14 478	21 762	660 679	696 919	140 984

Digitized by Google

Schweifseisenfabrikate.

Jahr	Verarbeitetes Material				Fabrikate			
	Frischeisen Tonnen	Puddeleisen Tonnen	Altmaterial Tonnen	Zusammen Tonnen	Schienen Tonnen	Handelseisen Tonnen	Blech Tonnen	Zusammen Tonnen
1879	67 135	759 353	30 583	857 071	39 980	680 219	136 872	857 071
1880	39 205	850 212	62 891	952 308	41 944	754 444	155 920	952 308
1881	45 766	888 428	84 976	1 019 170	28 411	826 971	163 788	1 019 170
1882	42 475	938 735	91 811	1 073 021	27 016	882 840	163 165	1 073 021
1883	36 658	841 581	100 678	978 917	19 214	809 063	150 640	978 917
1884	30 646	754 841	91 264	876 751	15 668	734 113	126 970	876 751
1885	24 496	663 110	94 825	782 431	4 735	659 002	118 694	782 431
1886	19 405	637 278	109 873	766 556	907	662 164	103 485	766 556
1887	16 564	617 997	136 749	771 610	598	668 415	102 597	771 610
1888	13 711	634 419	168 843	816 973	827	699 094	117 052	816 973
1889	12 016	672 417	124 261	808 724	1 029	686 320	121 375	808 724
1890	12 353	678 147	132 860	823 360	141	696 583	126 636	823 360
1891	8 140	692 979	132 290	833 409	793	718 502	114 114	833 409
1892	8 709	694 203	125 607	828 519	408	716 566	111 545	828 519
1893	10 629	680 935	116 607	808 171	775	696 184	111 212	808 171
1894	12 209	673 802	122 646	808 657	860	710 063	97 734	808 657
1895	9 233	494 822	252 738	756 793	214	670 142	86 437	756 793
1896	6 257	582 837	239 664	828 758	861	746 639	81 258	828 758
1897	6 396	577 607	244 270	828 273	585	746 503	81 185	828 273
1898	6 005	531 653	228 752	766 410	194	695 679	70 537	766 410
1899	6 868	549 623	286 267	842 755	619	751 102	91 034	842 755
1900	7 032	477 716	260 564	745 312	621	680 735	63 956	745 312

Digitized by Google

Flufseisen und Schweifseisen (fertige Waren) in Tonnen.

Jahr	Flufseisen		Schweifseisen		Jahr	Flufseisen		Schweifseisen	
	Tonnen	Proz.	Tonnen	Proz.		Tonnen	Proz.	Tonnen	Proz.
1871	86 125	14	535 877	86	1886	427 589	—	766 556	—
1872	141 704	—	884 204	—	1887	493 264	—	771 610	—
1873	150 529	—	889 892	—	1888	517 294	—	816 973	—
1874	208 787	—	886 425	—	1889	529 302	—	808 724	—
1875	256 393	—	869 676	—	1890	566 197	41	823 360	59
1876	241 842	—	837 112	—	1891	638 530	—	833 409	—
1877	269 181	—	884 493	—	1892	682 527	—	828 519	—
1878	312 921	—	843 112	—	1893	664 032	—	808 171	—
1879	333 265	—	857 071	—	1894	663 264	—	808 657	—
1880	388 894	29	952 308	71	1895	716 931	49	743 671	51
1881	422 416	—	1 019 170	—	1896	916 817	53	814 643	47
1882	458 238	—	1 073 021	—	1897	959 254	—	829 000	—
1883	509 045	—	978 917	—	1898	1 174 075	60	766 410	40
1884	502 908	—	876 751	—	1899	1 253 701	60	842 755	40
1885	553 039	41	782 431	59	1900	1 264 737	63	745 312	37

Übersicht der wichtigsten Flufseisen- und Schweifseisenfabrikate in Tonnen.

Jahr	Schienen		Bleche		Handels- u. Formeisen	
	aus Flufseisen	aus Schweifseisen	aus Flufseisen	aus Schweifseisen	aus Flufseisen	aus Schweifseisen
1880	279 498	41 974	18 760	155 920	90 636	754 444
1885	355 550	4 735	45 030	118 694	152 459	659 002
1890	173 930	141	107 783	126 636	284 484	696 583
1895	160 417	214	170 346	86 437	386 168	670 142
1896	176 021	861	221 539	81 2[illegible]8	19 257	746 639
1897	189 862	585	222 046	81 185	547 346	746 503
1898	242 806	230	276 816	80 083	654 453	721 230
1899	265 796	619	321 020	91 034	666 885	751 102
	(255 666	609	278 690	96 861	705 304	736 386)
1900	295 915	621	301 651	63 956	667 171	680 735

Anmerkung: Die Angaben weichen ab, je nach den Quellen. Die mitgeteilten Zahlen sind meistens der offiziellen Statistik entnommen.

Digitized by Google

Erzeugung von Schweifseisen- und Flufseisen(Stahl)-Fabrikaten nach Provinzen im Jahre 1899 in Tonnen.

	Schweifseisen	Flufseisen
Aisne	950	965
Allier	21 588	37 653
Ardennes	94 726	47 321
Ariège	12 355	6 104
Aube	5 929	1 091
Aveyron	8 888	16 025
Bouche-du-Rhin	2 790	611
Charente	—	239
Côte-d'Or	6 744	13 566
Côtes-du-Nord	3 890	0
Dordogne	3 750	0
Doubs	7 423	10 040
Eure	7 064	—
Gard	4 956	55 827
Garonne (Haute-)	3 029	—
Ille-et-Vilaine	109	—
Indre-et-Loire	—	} 5 097
Isère	2 399	
Jura	27 498	13 087
Landes	3 330	46 910
Loire	35 899	87 162
Loire-Inferieure	10 621	60 190
Marne (Haute-)	71 277	34 850
Meurthe-et-Moselle	43 411	259 841
Meuse	9 540	11 332
Morbihan	—	18 519
Nièvre	2 247	21 066
Nord	348 016	301 100
Oise	12 880	17 254
Orne	132	—
Pas-de-Calais	—	71 079
Pyrénées-Orientales	630	—
Rhin (Haut-Territoire de Belfort)	195	3 058
Saône (Haute-)	36 700	1 580
Saône-et-Loire	21	96 800
Sarthe	26	—
Savoie	2 142	728
Seine	40 945	5 636
Seine-Inferieure	18	600
Seine-et-Oise	3 746	—
Somme	3 015	—
Tarn	3 584	3 991
Vosges	282	4 361
Insgesamt	842 755	1 253 683

Erzeugung von Stahl (fertige Waren) in Tonnen.

Jahr	Frisch-stahl	Puddel-stahl	Flufsstahl Bessemer-	Flufsstahl Siemens-Martin-	Cement-stahl	Tiegel-gufsstahl	Aus altem Material	Zu-sammen
1871	195	13 521	62 382		3714	—	—	79 812
1872	264	15 774	110 328		3722	—	—	130 088
1873	255	16 597	135 105		3612	9 202	—	155 569
1874	310	17 215	194 277		2656	7 227	—	214 458
1875	267	17 858	231 477		2045	6 143	—	251 647
1876	175	19 237	231 999		2780	7 686	—	254 191
1877	15 538		204 123		2156	6 843	—	221 817
1878	12 901		223 514		1690	7 652	—	238 105
			(56 424)					(312 921)
1879	14 555		306 831		3942	7 852	85	333 265
1880	18 604		359 921		2137	7 777	455	388 994
1881	16 755		394 152		2790	8 469	242	422 416
1882	14 258		273 410	159 561	2703	7 921	385	458 238
			(63 Proz.)	(37 Proz.)				
1883	14 034		329 462	154 705	2236	7 235	1374	509 045
1884	11 154		365 437	115 182	2389	8 308	438	502 908
1885	11 746		404 019	123 829	6948	7 297	—	553 839
1886	9 837		300 165	101 406	1512	6 384	8285	427 589
1887	12 532		324 887	143 764	1491	7 532	3088	493 294
1888	13 118		310 012	173 487	1342	9 409	9926	517 294
1889	13 689		316 892	179 000	1598	12 681	5442	529 302
1890	17 327		337 102	191 590	1288	13 734	5156	566 197
1891	19 440		355 678	211 510	1426	10 287	6126	604 467
1892	13 129		412 534	238 224	1385	11 500	5755	682 527
1893	7 274		410 169	228 642	1319	11 168	5460	664 032
1894	7 159		409 798	226 422	1175	11 601	7109	663 264
1895	11 948		419 565	266 987	1238	10 968	6225	716 931
1896	6 892		534 995	359 543	1347	10 249	3791	916 817
1897	8 515		540 619	389 208	1122	11 566	8194	959 254
1898	6 632		671 677	472 763	1215	16 458	5330	1 174 075
1899	8 015		698 053	520 476	1041	17 067	9049	1 253 701
			(57 Proz.)	(43 Proz.)				

	1891	1892	1893	1894	1895
Bessemerstahlblöcke	564 066	515 640	518 361	489 157	488 461
Martinstahlblöcke	276 155	309 846	284 702	329 043	330 493
Insgesamt	840 221	825 486	803 063	818 200	818 954

	1896	1897	1898	1899	1900
Bessemerstahlblöcke	726 463	802 326	883 601	879 181	954 261
Martinstahlblöcke	454 280	522 887	550 116	619 845	669 787
Insgesamt	1 281 595	1 325 213	1 433 717	1 499 026	1 624 048

Digitized by Google

Konverterstahl.

Jahr	Bessemer		Thomas		Zusammen
	Tonnen	Prozent	Tonnen	Prozent	Tonnen
1882	261 104	95,2	12 306	4,5	273 410
1883	291 233	—	38 229	—	329 462
1884	252 437	—	113 000	—	365 437
1885	273 437	—	130 582	—	404 019
1886	177 454	—	122 711	—	300 165
1887	114 586	35,0	210 301	65,0	324 887
1888	88 620	—	222 333	—	310 012
1889	94 500	—	222 392	—	316 892
1890	96 464	29,0	240 638	71,0	337 102
1891	100 277	—	255 401	—	355 678
1892	124 826	—	287 528	—	412 534
1893	47 152	—	263 017	—	410 169
1899	162 994	23,4	535 059	77,6	698 053

Erzeugung von Stahlwaren in Tonnen.

Jahr	Schienen	Handelseisen	Blech	Zusammen
1879	253 742	64 589	14 934	333 265
1880	279 498	90 636	18 760	388 894
1881	303 222	100 784	18 410	422 416
1882	336 259	100 549	21 430	458 238
1883	381 178	94 535	33 332	509 045
1884	367 924	103 096	31 888	502 908
1885	355 550	152 459	45 030	553 039
1886	254 650	124 699	48 230	427 589
1887	202 909	217 655	72 730	493 294
1888	173 058	259 064	85 172	517 294
1889	165 794	259 496	104 012	529 302
1890	173 930	284 484	107 783	566 197
1891	212 425	303 443	122 662	638 530
1892	229 848	324 905	127 774	682 527
1893	207 358	323 023	133 651	664 032
1894	187 403	328 040	147 821	663 264
1895	160 417	386 168	170 346	716 931
1896	176 021	519 257	221 539	916 817
1897	189 862	547 346	222 046	959 254
1898	242 806	654 453	276 816	1 174 075
1899	265 796	666 885	321 020	1 253 701
1900	295 915	667 171	301 651	1 264 737

Erzeugung von Stahlwaren in Tonnen.

1892.

	Schienen	Handelseisen	Blech	Zusammen
Bessemerstahl	228 394	141 367	42 773	412 324
Martinstahl	1 454	155 944	80 826	238 224
Puddelstahl	—	9 622	3 507	13 129
Cementstahl	—	1 385	—	1 385
Tiegelgufsstahl	—	11 355	145	11 500
Aus Altmaterial	—	5 232	523	5 755
Insgesamt	229 848	324 905	127 774	682 527

1895.

	Schienen	Handelseisen	Blech	Zusammen
Bessemerstahl	160 080	207 656	51 829	419 565
Martinstahl	337	150 879	115 771	266 987
Puddelstahl	—	11 596	352	11 948
Cementstahl	—	1 233	5	1 238
Tiegelgufsstahl	—	10 821	146	10 968
Aus Altmaterial	—	3 982	2 243	6 225
Insgesamt	160 417	386 168	170 346	716 931

1898.

	Schienen	Handelseisen	Blech	Zusammen
Bessemerstahl	237 165	356 850	77 662	671 677
Martinstahl	5 641	270 431	196 691	472 763
Puddelstahl	—	6 182	450	6 632
Cementstahl	—	1 215	—	1 215
Tiegelgufsstahl	—	16 001	457	16 458
Aus Altmaterial	—	3 774	1 556	5 330
Insgesamt	242 806	654 453	276 816	1 174 075

1899.

	Schienen	Handelseisen	Blech	Zusammen
Bessemerstahl	260 788	353 537	83 728	698 053
Martinstahl	5 008	282 190	233 278	520 476
Puddelstahl	—	6 775	1 240	8 015
Cementstahl	—	1 020	21	1 041
Tiegelgufsstahl	—	16 514	553	17 067
Aus Altmaterial	—	6 849	2 200	9 049
Insgesamt	265 796	666 885	321 020	1 253 701

1900.

	Schienen	Handelseisen	Blech	Zusammen
Bessemerstahl	288 818	310 726	67 458	954 261
Martinstahl	7 097	324 113	230 455	561 665
Puddelstahl	—	7 880	850	8 730
Cementstahl	—	947	—	947
Tiegelstahl	—	16 369	427	16 796
Aus Altmaterial	—	7 136	2 461	9 597
Insgesamt	295 915	667 171	301 651	1 264 737

Digitized by Google

Ein- und Ausfuhr von Eisen und Stahl ohne titres d'acquits à caution in Tonnen.

Einfuhr.

	1888	1890	1893	1897	1898
Roheisen [1]	26 911	20 620	85 949	64 039	65 925
Eisenguſs [2]	6 625	4 264	5 134	6 266	7 081
Schweiſseisen [3]	17 452	11 339	11 290	11 568	11 215
Eisenfabrikate [4]	17 332	16 260	22 271	22 565	22 191
Stahl [5]	2 973	2 927	853	1 724	1 873
Stahlfabrikate [6]	2 641	3 256	5 121	4 411	4 480
Insgesamt	73 934	58 666	130 618	111 173	112 765
Abfälle [7]	1 178	8 029	26 211	4 411	4 480
Hammerschlag und Schlacken	19 426	29 204	23 791	47 214	34 078

Ausfuhr.

	1888	1890	1893	1897	1898
Roheisen	120 006	171 162	104 549	108 649	161 781
Eisenguſs	12 921	10 671	9 745	14 575	13 889
Schweiſseisen	19 222	33 549	12 246	41 075	28 419
Eisenfabrikate	48 530	83 376	46 035	58 109	62 250
Stahl	1 516	6 997	1 111	31 578	37 193
Stahlfabrikate	14 576	33 321	9 560	14 477	10 370
Insgesamt	216 771	329 076	183 246	268 463	313 902
Abfälle	11 614	27 288	7 646	14 477	10 370
Hammerschlag und Schlacken	130 871	163 663	271 194	344 879	307 273

Ein- und Ausfuhr von Eisen und Stahl nach anderem Schema 1896 bis 1898 in Tonnen.

	Einfuhr			Ausfuhr		
	1896	1897	1898	1896	1897	1898
Roheisen	22 174 (Roheisen und Ferromangan zusammen)	60 458	62 440	195 308 (Roheisen und Ferromangan zusammen)	108 605	161 431
Ferromangan und Silicium		3 023	3 485		4	350
Schweiſseisen	24 239	23 894	22 012	42 034	55 786	52 031
Fluſseisen	6 220	6 233	6 352	44 856	46 343	47 562
Nur zur Verarbeitung	103 823	112 658	123 648	80 199	101 297	111 749
Zusammen Eisen u. Stahl	156 456	206 261	217 937	261 673	312 035	373 124
Feil- und Glühspäne	1 269	707	1 460	2 274	2 999	4 002
Eisen- und Stahlabfälle	18 749	13 740	21 910	18 749	18 362	24 494
Herd- u. Schmiedeschlacken	34 039	47 145	34 075	383 511	344 779	307 273

[1]) Roheisen aller Art, Ferromangan, Siliciumeisen u. s. w. — [2]) Roher, emaillierter und schmiedbarer Guſs. — [3]) Luppeneisen, Holzkohlen- und Koks-Walzeisen. — [4]) Schienen, Winkeleisen, Achsen und Bandagen, Schmiedestücke, Bandeisen, Bleche und Platten, Weiſsblech, Draht auch aus Stahl, Eisenwaren, Röhren, Kleineisen-Schlossereiwaren, Anker, Kabel, Ketten, Nägel, Schrauben, Bolzen, Blechwaren. — [5]) Ingots, Billets. — [6]) Schienen, Achsen, Bandagen, Werkzeugstahl, Bleche und Platten, gezogener Draht, Stahlwaren. — [7]) Eisenfeilspäne, Abfälle von Guſseisen, Schmiedeeisen und Stahl.

Frankreichs Ein- und Ausfuhr 1899 und 1900 in Tonnen.

	Einfuhr		Ausfuhr	
	1899	1900	1899	1900
Koks	1 428 610	1 572 520	63 970	69 200
Eisenerz	1 950 665	2 119 003	291 346	371 799
Roheisen	96 638	145 573	153 792	114 361
Ferromangan, -silicium	4 454	4 284	220	10
Schweifseisen	32 850	58 590	53 181	33 718
Flufseisen	11 576	21 191	34 148	21 046
Feil- und Glühspäne	1 022	472	2 513	2 272
Eisen- und Stahlabfälle	29 741	52 135	44 400	26 675
Herd- und Schmiedeschlacken	36 327	92 255	303 605	316 564
Zur Veredlung (titres d'aquits): Roh-, Schweifs-, Flufseisen und Bleche	122 885	105 255	108 635	101 164
Insgesamt Roh-, Flufs- und Schweifseisen	268 403	334 893	349 976	270 299

Schienenverbrauch in Tonnen.

1882	200 979	1890	66 844
1883	341 334	1891	112 857
1884	284 081	1892	163 840
1885	249 416	1893	129 338
1886	170 595	1894	110 609
1887	108 848	1895	85 244
1888	93 868	1896	77 104
1889	58 046		

Erzeugung, Ein- und Ausfuhr und Verbrauch von Roheisen, Eisen und Stahl seit 1877 in 100 Tonnen.

		1877	1878	1879	1880	1881	1882
Erzeugung	Roheisen	1507	1521	1400	1725	1886	2039
	Eisen	884	843	857	966	1026	1073
	Stahl	269	313	333	389	422	458
Einfuhr	Roheisen	192	173	157	162	289	311
	Eisen	100	124	105	109	147	184
	Stahl	7	7,8	10,3	12,7	26	53,8
Ausfuhr	Roheisen	44	39	39	44	39	34
	Eisen	112	114	108	120	112	110
	Stahl	17,5	24,9	27,6	23,2	29,7	26
Verbrauch	Roheisen	1655	1655	1518	1843	2136	2317
	Eisen	878	853	853	954	1016	1147
	Stahl	259	296	316	578	419	486

Digitized by Google

		1883	1884	1885	1886	1887	1888
Erzeugung	Roheisen . .	2069	1872	1631	1517	1572	1683
	Eisen . . .	979	877	782	767	772	817
	Stahl . . .	522	503	554	428	493	517
Einfuhr .	Roheisen . .	320	217	107	153	144	136,5
	Eisen . . .	169	134	103	88	97	93,9
	Stahl . . .	47,3	22,2	19,7	18,9	16,1	13
Ausfuhr .	Roheisen . .	34	30	36	42	138	73,4
	Eisen . . .	123	118	115	126	175	172
	Stahl . . .	19,6	23,4	71,5	64,9	78	76
Verbrauch	Roheisen . .	2355	2059	1793	1628	1574	1746,1
	Eisen . . .	1025	893	769	729	1124	738,9
	Stahl . . .	550	502	502	377		484

		1889	1890	1891	1892	1893	1894
Erzeugung	Roheisen . .	1722	1962	2003	2334	2472	2484
	Eisen . . .	809	823	808	815	829	766
	Stahl . . .	529	566	664	917	959	1174
Einfuhr .	Roheisen . .	136,4	139	143	119	167	172
	Eisen . . .	90,2	52	79	62	56	55
	Stahl . . .	11,5	9	10	13	13	11
Ausfuhr .	Roheisen . .	190,9	276	155	230	208	269
	Eisen . . .	232,6	79	84	79	128	117
	Stahl . . .	71,5	43	13	49	49	51
Verbrauch	Roheisen . .	1657,5	1825	1991	2223	2431	2387
	Eisen . .	666,6	782	803	798	757	707
	Stahl . . .	469	532	661	871	923	1134

Eisenverbrauch in Kilotonnen (nach Rentzsch).

	1890	1895	1898	1900
Einwohnerzahl in Millionen	38,8	39,0	38,8	38,0
1. Hochofenproduktion	1970	2006	2534	2699
2. Einfuhr:				
a) Roheisen aller Art, altes Brucheisen	20	114	102	317
b) Materialeisen und Stahl, grobe Eisen- und Stahlwaren, einschl. Maschinen aus Eisen	—	83	103	213
Zuschlag zur Reduktion auf Roheisen $33^1/_3$ Prozent	—	28	34	71
Zusammen Einfuhr	—	225	239	601
Insgesamt Produktion und Einfuhr	—	2231	2773	3300

	1890	1895	1898	1900
3. Ausfuhr:				
a) Roheisen aller Art, altes Brucheisen	177	185	256	480
b) Materialeisen und Stahl, grobe Eisen- und Stahlwaren, einschl. Maschinen aus Eisen	—	102	131	142
Zuschlag $33^1/_3$ Prozent	—	34	44	47
Insgesamt Ausfuhr	—	321	431	669
Einheimischer Verbrauch (1 + 2 — 3)	—	1910	2342	2631
Pro Kopf Kilo	—	49,0	60,4	69,3
Eigene Produktion pro Kopf Kilo	50,8	51,4	65,3	71,0

Belgien.

Das kleine Belgien hat trotz der Ungunst der Verhältnisse den Ruhm, die dritte Stelle im Eisenausfuhrhandel der Welt einzunehmen, lange Zeit behauptet. In der Roheisenerzeugung ist es seit 1870 allerdings von der fünften auf die siebente Stelle gerückt, indem es von Österreich-Ungarn und von Rufsland überflügelt wurde.

Belgien ist im Verhältnis zu seiner Industrie arm an Eisenerzen. Die Ablagerungen, wie besonders die an der Ourthe, die in früherer Zeit die Grundlage der belgischen Eisenindustrie bildeten, und die hinreichten, solange man nur mit Holzkohlen schmolz, sind meistens abgebaut und für den heutigen Betrieb ganz unzureichend.

Es mufs deshalb zur Aufrechterhaltung seiner Eisenindustrie den weitaus gröfsten Teil seines Erzbedarfes einführen. Dagegen besitzt Belgien einen so grofsen Reichtum an Steinkohlen, dafs es im stande ist, Steinkohlen und Koks auszuführen.

Auch in seiner Eisenausfuhr führt es Werte seiner Steinkohlen und der Arbeit seiner zahlreichen Industriebevölkerung aus. Belgien ist relativ das dichtbevölkertste Land der Welt, es entfallen auf 1 qkm 224 Einwohner, gegen 97 im Deutschen Reiche, und diese grofse Einwohnerzahl könnte ohne eine bedeutende Industrie sich nicht erhalten. Die Grundlage dieser bildet die einheimische Steinkohle. Ihre Förderung stieg in der Zeit von 1870 bis 1897 von 13 697 118 Tonnen auf 21 492 446 Tonnen. Der Überschufs der Ausfuhr von Steinkohlen betrug 1870 2 953 272 Tonnen, 1897 2 431 200 Tonnen; von Koks 1870 568 393 Tonnen, 1897 639 880 Tonnen, der Verbrauch im Lande demnach 1870 rund 10 Millionen, 1897 rund 18 Millionen Tonnen. Im Jahre 1900 führte Belgien 6 328 530 Tonnen Steinkohlen und Koks aus.

Digitized by Google

Die Roheisenerzeugung stieg 1870 bis 1899 von 565 234 Tonnen auf 1 024 576 Tonnen. Die durchschnittliche Jahreserzeugung in dem Jahrzehnt 1871 bis 1880 betrug 548 786 Tonnen, 1881 bis 1890 750 317 Tonnen und in den neun Jahren von 1891 bis 1899 891 598 Tonnen.

Die Zunahme der Roheisenerzeugung war bei weitem nicht so grofs wie in Deutschland, denn diese betrug von 1870 bis 1899 das Sechsfache, die Belgiens nur etwa das Zweifache.

Dabei wurde die Herstellung immer mehr von dem Bezug ausländischer Erze abhängig, indem die Erzförderung stetig zurückging. In dem Jahrzehnt von 1861 bis 1870 hatte diese noch 7 853 158 Tonnen betragen, 1871 bis 1880 sank sie auf 4 271 831 Tonnen und 1881 bis 1890 auf 1 955 325 Tonnen. Man verhüttete aufserdem eine beträchtliche Menge von Puddel- und Schweifsschlacken in den Hochöfen. Es wurden verschmolzen:

	1885 Tonnen	1897 Tonnen
Belgische Eisenerze	162 352	283 992
Ausländische Eisenerze	1 468 083	2 202 228
Schlacken und Bruchеisen	246 635	270 927
Zusammen	2 377 070	2 757 137
Hieraus Roheisen geschmolzen	714 677	1 035 037

Es betrug demnach der Anteil einheimischer Erze an dem Einsatz 1885 nur 7 Prozent, 1897 etwas über 10 Prozent.

Die Entwickelung der belgischen Eisenindustrie in diesem Zeitabschnitt zeigt viele Ähnlichkeit mit der französischen, insbesondere der nordfranzösischen, was namentlich auch darin zum Ausdruck kommt, dafs Belgien wie Frankreich ebenso lange mit Zähigkeit an dem Puddelprozefs festhielt und das Flufseisen erst verhältnismäfsig spät den Sieg davontrug. In Frankreich wie in Belgien geschah dies erst im Jahre 1896, während dies in Deutschland schon 1890 eingetreten war.

Gerade in Belgien hat sich die Puddelarbeit, die der geniale John Cockerill eingeführt hatte, zu einem hohen Grade der Vollkommenheit entwickelt. Von Belgien aus war dieses Verfahren erst nach Deutschland gekommen. Noch in den fünfziger Jahren waren in Rheinland und Westfalen belgische Puddler die Lehrmeister und tonangebend.

Auf der erprobten Güte des gepuddelten Eisens beruhte der grofse auswärtige Handel Belgiens. Deshalb waren die Industriellen wie die Arbeiter wenig geneigt, von dem bewährten Verfahren abzugehen, und es wurde beibehalten, obgleich die benachbarten Erzschätze von Luxemburg und Lothringen seit 1880 geradezu zum Thomasprozefs aufzufordern schienen.

Zum Verständnis der Entwickelung der belgischen Eisenindustrie mufs im Auge behalten werden, dafs die beste Verwertung der Steinkohlen der hauptsächlichste Gesichtspunkt war. Da die geförderte Steinkohle weder sehr rein, noch für die Koksfabrikation besonders geeignet war, so erklärt es sich, dafs in keinem anderen Lande verhältnismäfsig so viel für die Verbesserung der Aufbereitung und Verkokung der Steinkohlen geschehen ist wie in Belgien. Die Gewinnung der Nebenerzeugnisse der Steinkohlen beim Verkoken, die Knab in Paris zuerst angegeben hatte, wurde in den liegenden Koksöfen von den belgischen Ingenieuren Semet und Solvay in zweckmäfsiger Weise durchgeführt. Frommont in Brüssel baute Koksöfen mit Wärmespeicher zur Verkokung magerer Kohlen (D. R. P. Nr. 54156 vom 11. Nov. 1889). Verbesserte Ladevorrichtungen wurden Alexandre und E. Coppée in Haïne, St. Paul, 1890 patentiert.

Für den Hochofenbetrieb in den siebziger Jahren war die wachsende Bedeutung des Bessemerverfahrens von grofsem Einflufs. Belgien selbst besafs hierfür keine geeigneten Erze. Diese mufsten aus Cumberland in England und aus Spanien bezogen werden. Die Gesellschaft John Cockerill zu Seraing, die im Geiste ihres genialen Gründers stets bereit war, für den Fortschritt und für Verbesserungen in der Eisenindustrie einzutreten und Opfer zu bringen, sicherte sich bei Zeiten den Bezug von Bilbao- und Algier-Erzen. Mit diesen erzielte man ein Bessemerroheisen von 2,25 Prozent Silicium und 3,75 Prozent Mangan.

In der Hauptsache dienten aber die Hochöfen dem Puddelbetrieb. Neben dem gewöhnlichen Puddelroheisen stellte man seit 1873 ein manganreiches Roheisen zur Verbesserung der Qualität und zur Erzielung des beliebten Feinkorneisens, das besonders für Draht, Feinbleche, Achsen, Bandagen u. s. w. verwendet wurde, her. Solches manganhaltige Roheisen wurde damals in der Umgegend von Lüttich zu Ougrée, Grevignée, Dolhain und Espérance aus Luxemburger Minetteerzen unter Zusatz von einem Drittel Nassauer manganhaltiger Eisenerze erblasen, und man brachte es bis zu 15 Prozent Mangangehalt.

Digitized by Google

Steinerne Winderhitzer und zwar Whitwellapparate wurden 1875 zuerst zu Seraing und zu Sclessin eingeführt. 1878 wurde eine neue Hochofenanlage zu Ougrée erbaut. Monceau sur Sambre hatte die ersten Cowperapparate. Hier schmolz man neben fonte ordinaire und fonte spéciale aus Schlacken fonte de crasse (Schlackeneisen). Aus diesen Sorten puddelte man fer ordinaire und fer fort.

Da in den siebziger Jahren der Puddelprozefs das wichtigste Frischverfahren blieb, so sind Fortschritte hauptsächlich bei diesem zu verzeichnen. — Die rotierenden Öfen zogen Anfang der siebziger Jahre die Aufmerksamkeit der belgischen Eisenindustriellen auf sich und veranlafsten die Regierung 1872, eine Kommission unter der Führung der Ingenieure Taskin und Tahon nach Middlesborough zu schicken, um die Danksöfen zu studieren (siehe S. 593). Die Abgesandten sprachen sich sehr günstig über das mechanische Puddeln in rotierenden Öfen aus. Doch fanden diese weniger Anwendung als die Telleröfen des Franzosen Pernot, mit denen man 1875 zu Ougrée gute Resultate erzielte. Zu Charleroi ergaben diese Öfen 4 Prozent weniger Abbrand. Man ersetzte die gewöhnlichen Rostfeuerungen mehrfach durch Halbgasfeuerungen nach dem System Boëtius, später auch nach Bicheroux (zu Ougrée 1876). Einen grofsen Doppelpuddelofen mit einer solchen Gasfeuerung verwendete man 1879 zu Couillet.

1872 kam der erste Siemens-Martin-Ofen für Flufsstahlerzeugung in Belgien in Betrieb.

Ein Lautsches Triowalzwerk mit Universalwalzen konstruierte Deby zu Brüssel 1873, es kam in Sclessin zur Anwendung. 1876 bediente sich das Eisenwerk Espérance eines Triowalzwerkes zur Blechfabrikation. Trio-Luppenwalzen waren seit 1877 in Anwendung.

Die Schienenfabrikation wurde 1873 von der Gesellschaft John Cockerill zu Seraing schwunghaft betrieben. Man walzte damals Bessemerschienen für die türkischen Bahnen. 1873/74 wurde zu Seraing ein ganz neues Bessemerstahlwerk von Greiner und Philippart gebaut und eingerichtet. Auf der Pariser Weltausstellung von 1876 zeichnete sich die Gesellschaft Cockerill durch vorzügliche Walzenzugmaschinen für ein Doppelwalzwerk mit Umsteuerung aus. In diesen konnten die heifsen Stahlblöcke ohne Glühen vor- und fertiggewalzt werden.

1876 kam in Belgien die Fabrikation eines ordinären Stahlgusses durch Schmelzen von Stahlabfällen im Kupolofen auf. Die Gufsstücke wurden dann zwischen Roteisenstein in Kisten geglüht und dadurch

weich gemacht. Dieser Temperstahl eignete sich besonders für Räder von Grubenwagen. Das Verfahren wurde auch in Deutschland und in anderen Ländern eingeführt.

Im Jahre 1879 bereits, als der Thomasprozefs kaum bekannt geworden war, erwarb das stets zu jedem Fortschritt bereite Werk zu Seraing die Konzession und machte die ersten Versuche in Belgien mit dem basischen Betrieb. Indessen dauerte es viel länger wie in Deutschland, dafs man die grofse Bedeutung dieses Verfahrens würdigte, was um so mehr zu verwundern ist, als die für diesen Prozefs besonders geeigneten Eisenerzlager in Lothringen und Luxemburg doch den belgischen Hütten viel näher lagen als den westfälischen und damals bereits die wichtigsten Bezugsquellen der belgischen Hochöfen waren. Man zog es vor, das phosphorhaltige weifse Roheisen mit manganreichem Eisen zu verpuddeln, oder Bessemerstahl aus dem mittels spanischer Erze erblasenen Bessemerroheisen zu fabrizieren. Die Erzeugung von Thomasflufseisen betrug in den ersten Jahren: 1880 3395 Tonnen, 1881 14200 Tonnen, 1882 16672 Tonnen, 1883 27366 Tonnen. Angleur bei Lüttich, der Firma de Rossius, Pastor & Co. gehörig, war das erste Stahlwerk, das das Thomasverfahren erfolgreich aufnahm (1880). 1881 erwarb auch Ougrée (Firma Souheur, Orban & Co.) die Licenz für den Thomasprozefs. 1884 wurde zu Athus ein Thomasstahlwerk erbaut.

Die Gesellschaft John Cockerill zu Seraing und das Eisenwerk Angleur betrieben schon in den siebziger Jahren den Bessemerprozefs in ihren Flufsstahlwerken; 1880 wurde der Bau von drei neuen Bessemerwerken zu Ougrée, Athus und Acoz in Angriff genommen. Seraing verarbeitete eigene Erze aus Spanien, auch Athus stellte Bessemerroheisen dar, die übrigen Werke mufsten dieses beziehen. 1882 baute Seraing sein Bessemerstahlwerk nach amerikanischem Muster um und steigerte hierdurch seine Erzeugung sehr bedeutend. Ein Konverter lieferte statt früher 110 Tonnen jetzt 310 Tonnen in 24 Stunden. Das Roheisen gelangte teils direkt aus dem Hochofen in den Konverter, teils wurde es in Kupolöfen umgeschmolzen. Das flüssige Roheisen wurde in Pfannenwagen mit Lokomotiven angefahren. Die 12 bis 14 Chargen aushaltenden Böden konnten in $^3/_4$ Stunden ausgewechselt werden. Das Giefsen geschah in kreisförmigen Gruben mit Centralkran. Jeder Gufs lieferte 3700 kg Stahl. Man gofs Blöcke bis 250 Tonnen Gewicht. Im Jahre 1883 führte die Gesellschaft verbesserte Gjerssche Durchweichungsgruben mit Gasheizung (D. R. P. Nr. 24974) ein.

Digitized by Google

Die Leistungsfähigkeit der Gesellschaft John Cockerill zu Seraing war 1885 sehr bedeutend. Ihr Werk umfafste 7 Hochöfen, 66 Puddel- und Schweifsöfen, 5 Konverter und 2 Siemens-Martin-Öfen. Die Maschinenbauanstalt hatte eine Leistungsfähigkeit von 100 Lokomotiven, 70 Dampfmaschinen, 1500 Arbeits- und Werkzeugmaschinen, von 10000 Tonnen Brücken- und Kesselbau sowie 14 eisernen Flufs- und Seeschiffen. Die Gesamtproduktion hatte einen Wert von 30 bis 40 Mill. Francs. Die Gesellschaft hatte einen bedeutenden Anteil an der Société Franco-Belge in Somorostro. 1885 baute Seraing den mächtigen 100-Tonnen-Dampfhammer für Terni; 1888 setzte Seraing auch den ersten basischen Martinofen Belgiens in Betrieb und erzielte damit die besten Resultate bei der Schienenfabrikation.

Brachot frères et sœurs zu Montigny war 1885 das älteste bestehende Tiegelgufsstahlwerk in Belgien.

Ende der achtziger Jahre begann man die älteren Eisenwerke, die bis dahin noch vielfach in Privatbesitz waren, in gröfsere Aktiengesellschaften zu vereinigen. Eine solche Gründung war 1888 die der Aktiengesellschaft von Marcinelle und Couillet, welche aufser den in der Firma genannten Werken noch die Hütte von Chatelineau umfafste. Couillet hatte damals 5000 Arbeiter; ein Hochofen produzierte 105 bis 110 Tonnen Puddelroheisen in 24 Stunden; die Gebläsemaschine reichte für eine Tagesproduktion von 120 Tonnen aus.

1889 glänzte Seraing auf der Pariser Ausstellung durch eine riesige stehende Gebläsemaschine für Rufsland. Nach diesem bekannten Type waren bereits 123 Maschinen gebaut.

Im Juni 1890 waren in Belgien nachverzeichnete Hochöfen in Betrieb: im Bezirk von Charleroi zu Acoz 2, zu Thy-le-Château 3, Couillet 3, Caubier 1, Benehill 2, Monceau 1, La Providence 2; — im Bezirk von Lüttich zu Seraing (Cockerill) 5, zu Ougrée 2, Sclessin 1, Espérance 2, Grivegnée 1; — in Belgisch Luxemburg zu Athus 2, Halancy 2, Muscon 1; aufser Betrieb waren 19, die Zahl der Hochöfen Belgiens betrug demnach im ganzen 48. Von den 29 Hochöfen in Betrieb gingen 18 auf Puddelroheisen mit 1515 Tonnen Erzeugung in 24 Stunden, 2 auf Giefsereiroheisen mit 135 Tonnen, 9 auf Flufsstahlroheisen mit 705 Tonnen Tageserzeugung. Die Eisenindustrie verbrauchte damals etwa 30 Prozent der Steinkohlenförderung.

Infolge der zunehmenden Bedeutung des Thomasprozesses begann eine Verschiebung der Hochofenwerke nach dem Minettegebiet an der Grenze einzutreten, ja es begannen belgische Industrielle ihre alten Werke kalt zu stellen und neue Werke in Luxemburg und Nord-

Digitized by Google

frankreich zu errichten. So liefs Camille Martin seine Hochöfen zu St. Martin kalt liegen und baute neue Hochöfen zu Chiers, Dep. Meurthe-et-Moselle in Frankreich. Eine belgische Gesellschaft gründete ein Hüttenwerk bei Villerupt. 1892 wurden die Werke Angleur und Sclessin zu einer Gesellschaft vereinigt und zu Sclessin ein Thomaswerk erbaut.

1893 verteilte sich die Flufseisenerzeugung Belgiens wie folgt:

Werke	Thomas-Verfahren Tonnen	Bessemer-Verfahren Tonnen	Siemens-Martin-Verfahren Tonnen
Soc. Cockerill, Seraing . .	—	400	125 (4 Öfen zu je 12 Tonnen)
Angleur	200	200	60 (2 Öfen zu je 12 Tonnen)
Sclessin	400	—	—
Ougrée	—	200	60 (2 Öfen zu je 12 Tonnen)
La Louvière (Boël)	—	150	—
Thy-le-Château	—	200	—
Couillet	400	—	—
Providence	400	—	—
Zusammen	1400	1150	245
	2795		

Seit dieser Zeit nahm die Erzeugung von basischem Flufseisen sehr zu. 1894 fand eine internationale Ausstellung in Antwerpen statt, auf welcher die belgische Eisenindustrie gut vertreten war. Gillon lieferte einen wertvollen Bericht über die Entwickelung derselben[1]). Die Professoren Aug. Gillon und Paul Trasenster zu Lüttich machten sich um die belgische Eisenindustrie verdient. Die Statistik wurde hauptsächlich von dem Oberingenieur Em. Harzé im Auftrage des belgischen Handelsministeriums bearbeitet. Aus Gillons oben erwähntem Bericht von 1894 ist zu entnehmen, dafs die Überzeugung von dem Siege des Flufseisens damals bereits allgemein geworden war; deshalb war die Gründung neuer Stahlwerke in Aussicht genommen. Das Verhältnis des Bessemer- zu Thomasroheisen war 1893 noch 70 zu 30. Von belgischen Erzen kamen nur 14 Prozent auf die Beschickung. Für die Puddeleisenfabrikation wurden 10 Prozent, für die Flufseisenfabrikation 14 Prozent fremdländisches

[1]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg., Bd. 84, S. 50; Stahl und Eisen 1894, S. 817.

Digitized by Google

Eisen verwendet. Es wurden 1893 485 000 Tonnen Schweifseisenfabrikate und 225 000 Tonnen Flufseisenfabrikate hergestellt. 1896 betrug dagegen das Verhältnis bereits 494 032 Tonnen zu 519 311 Tonnen. Das neue Stahlwerk zu Sclessin, das drei Konverter zu 12 Tonnen hatte, entnahm das Roheisen mittels einer Pfanne direkt vom Hochofen, ebenso das neue Stahlwerk zu Couillet. In dem Stahlwerk zu Renory waren vorhanden vier Konverter zu je 5 Tonnen für Thomasbetrieb, zwei Bessemerkonverter und zwei kleine Robertkonverter von 2,5 und 1 Tonne Inhalt mit seitlichen Düsen. Gillon giebt folgende Zusammenstellung der Betriebsmittel und Erzeugung der belgischen Stahlwerke nach dem Stand am 1. Januar 1894:

Stahlwerke	Konverterzahl	Zahl der Martinöfen	Jahreserzeugung Tonnen
Cockerill . . .	3 von je 8 Tonnen (sauer)	2 von je 12 Tonnen 1 „ „ 15 „	115 000
Ougrée	2 „ „ 7 „ „	1 „ 10 „	56 000
La Louvière .	2 „ „ 10 „ „	—	45 000
Thy-le-Château	2 „ „ 8 „ „	—	—
Athus	2 „ „ 12 „ (basisch)	—	—
Renory	2 „ „ 5 „ „ 2 „ „ 7 „ (sauer)	2 von je 10 Tonnen	30 000
Sclessin . . .	3 „ „ 12 „ (basisch)	—	90 000
Couillet	4 „ „ 10 „ „	1 von 10 Tonnen 1 „ 6 „	72 000
Providence . .	3 „ „ 10 „ „	—	60 000
	—	—	468 000 [1])

Das Erlöschen des Thomaspatentes am 15. April 1894 trug zur Ausbreitung des Thomasverfahrens wesentlich bei. Die neuen Stahlwerke zu Couillet und Marchienne-au-Pont wurden Anfang des Jahres in Betrieb gesetzt. 1894 fand eine Weltausstellung in Antwerpen statt. Im August besuchten die Eisenhüttenleute von Rheinland und Westfalen die belgischen Eisenwerke. In dem darüber veröffentlichten Bericht [2]) sind besonders die Werke der Société anonyme John Cockerill zu Seraing sowie die Stahlwerke Couillet und Sclessin eingehend geschildert. Seraing zählte damals 9500 Arbeiter einschliefslich von 370 Beamten. Die 355 vorhandenen Maschinen hatten 19 255 P.S.; es wurden täglich 1400 Tonnen Steinkohlen verbraucht.

[1]) Es wurden im Jahre 1894 aber nur 341 418 Tonnen erzeugt.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1894, S. 775, 820, 864, 912, 947.

Digitized by Google

Von den fünf Hochöfen hatte der gröfste, Nr. 5, eine Tageserzeugung von 140 Tonnen. Die Kokerei umfafste 534 Öfen, davon 50 Copéesche, 432 Appoltsche und 52 Semet-Solvay-Öfen mit Gewinnung der Nebenprodukte. Das Stahlwerk umfafste 3 Konverter, 3 Siemens-Martinöfen, 14 Flammöfen und 2 Siemens-Regenerativöfen für Tiegelgufsstahl. Die Konverter waren für 600 Tonnen, die Siemens-Martinöfen für je 15 Tonnen Tageserzeugung eingerichtet. Das Schienenwalzwerk hatte eine Leistungsfähigkeit von 2000 Tonnen in der Woche. Auf die Grofsartigkeit der Eisengiefserei, Schmiedewerkstätten und Maschinenbauanstalt können wir hier nur hinweisen [1]). Die technische Leitung hatte Direktor Greiner. Couillet hatte 1188 Arbeiter und Maschinen von etwa 7000 P.S. Die Thomasblöcke gelangten in Rollöfen und wurden dann in einem starken Triowalzwerk direkt fertig gewalzt. Die Walzenzugmaschine daselbst war eine Drei-Cylindermaschine von Ehrhardt & Sehmer in Schleifmühle, die sich durch raschen und zugleich ruhigen Gang auszeichnete; die grofse Schmiedepresse von 2000 Tonnen Druck bei einer Dampfspannung von 6.5 Atm. war von der Kalker Werkzeugmaschinenfabrik L. W. Breuer, Schumacher & Co. geliefert. In der nationalen Waffenfabrik zu Herstal war der Arbeitsbetrieb fast ganz elektrisch.

Drei Jahre später, 1897, fand bereits wieder in Belgien eine „Weltausstellung“ in Brüssel [2]) statt, welche die inzwischen gemachten Fortschritte der belgischen Eisenindustrie erkennen liefs. Als solche ist besonders die Ausbreitung und Zunahme des basischen Verfahrens der Flufseisenbereitung im Konverter wie im Flammofen hervorzuheben. Die Gesellschaften Couillet und Providence konvertierten direkt vom Hochofen. Letzteres Werk hatte in dem vorausgegangenen Jahre eine neue Hochofenanlage zur Erzeugung von Thomasroheisen erbaut.

Die Gesellschaft Bonehill zu Hourpes a. d. Sambre hatte auch ihren Puddelprozefs so eingerichtet, dafs sie das flüssige Roheisen direkt vom Hochofen in den Flammofen brachte. Es geschah dies mit Hülfe eines Sammelofens, aus dem das Eisen in schwere Gabelpfannen abgelassen und den Puddelöfen zugeführt wurde. Man beschleunigte das Frischen unter Zusatz oxydischer Eisenerze (schwedischen Magnetits). Die Puddelöfen wie der Sammelofen waren Regenerativgasöfen, wobei aber nur ein Teil der Verbrennungsgase zur Heizung der Wärmespeicher verwendet wurde, während ein anderer

[1]) Siehe Stahl und Eisen, a. a. O., S. 913.

[2]) Bericht über dieselbe von Professor E. F. Dürre in Aachen, Stahl und Eisen, S. 728, 816, 969.

Digitized by Google

Teil unter den Rost der Generatoren geführt und in diesen karburiert wurde. Ähnliche Wärmöfen mit teilweiser Wiedererneuerung der abziehenden Gase nach dem System Biedermann waren auch zu Ougrée und Couillet in Anwendung.

Ein anderer wichtiger Fortschritt der letzten Jahre war die grofsartige Kolonisationsarbeit der belgischen Industriellen in Südrufsland. Fast jede der grofsen Gesellschaften hatte eine Tochteranstalt in dem neuerschlossenen Donetzgebiet gegründet. Wir werden auf diese in dem Kapitel „Rufsland" näher zu sprechen kommen.

Der Eisenhandel Belgiens ist im Verhältnis zur Gröfse des Landes ein grofsartiger. Besonders gefragt ist belgisches Schweifseisen und dies bildet noch immer den wichtigsten Ausfuhrartikel. 1888 betrug die Ausfuhr von Schmiedeeisen und Eisenwaren 368 343 Tonnen, 1898 454 365 Tonnen. Verhältnismäfsig hat die Ausfuhr von Flufseisenfabrikaten allerdings noch stärker zugenommen. Es betrug die Ausfuhr von Stahl und Stahlwaren 1888 97 344 Tonnen, 1898 211 449 Tonnen.

Belgisches Eisen geht nach allen Ländern der Welt. Ein sehr wichtiger Ausfuhrartikel Belgiens sind Waffen, besonders Handschiefswaffen, die meist in und um Lüttich fabriziert werden. Der Wert dieser Waffenausfuhr betrug im Jahre 1898 über 16½ Millionen Frcs.

Auch in den letzten Jahren ist Belgien auf der Bahn des Fortschritts weitergeschritten und hat seinen Betrieb immer mehr modernisiert. So hat es in der Lösung der Frage der Verwendung der Hochofengase zu direkter Krafterzeugung eine wichtige Rolle gespielt, und wieder war es die Gesellschaft John Cockerill zu Seraing, die darin vorging und der es im Jahre 1898 gelang, eine Hochofengasmaschine von 180 P.S. mit Erfolg zu betreiben[1]; im März 1900 wurde bereits eine gröfsere Maschine von 600 P.S. in Gang gesetzt[2].

Eine ganz moderne Anlage sind die neuen Hochöfen zu Couillet mit doppelten Parryschen Trichtern, geneigtem Gichtaufzug nach amerikanischem Muster und selbstthätiger Begichtung[3].

---

[1] Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 474.
[2] A. a. O. 1900, S. 401.
[3] Siehe Stahl und Eisen 1901, S. 1.

UNIVERSITY

Zahlengeschichte der belgischen Eisenindustrie.

Steinkohlenerzeugung 1870 bis 1899[1]).

Jahr	Erzeugung Tonnen	Einfuhr Tonnen	Ausfuhr Tonnen	Wert der Erzeugung Frcs.	Preis für die Tonne
1870	13 697 118	222 656	3 175 828	148 635 000	10,86
1875	15 011 331	704 518	4 063 960	229 840 000	15,31
1880	16 866 698	917 033	4 525 035	169 680 000	10.06
1885	17 437 603	1 238 116	4 338 330	154 618 000	8,87
1890	20 365 960	1 721 238	4 851 413	268 103 000	13,18
1895	20 457 604	1 530 364	4 661 477	193 357 700	9.86
1896	21 252 370	1 693 376	4 649 799	202 010 100	9,51
1897	21 492 446	2 017 344	4 448 544	220 672 000	10,26
1898	22 088 335	2 202 517	4 579 955	242 893 900	11,00
1899	22 072 068	2 844 274	4 568 938	274 443 900	12.43

Verteilung in Tonnen.

	1898	1899
Hennegau	15 861 160	15 581 380
Namur	573 660	641 360
Lüttich	5 653 515	5 849 328
Zusammen	22 088 335	22 072 068

Koksfabrikation Belgiens 1891 bis 1899.

Jahr	Öfen		Zahl der Koks-arbeiter	Verbrauch an Stein-kohlen Tonnen	Koks-		Wert der Tonne Frcs.
	in Betrieb	aufser Betrieb			Erzeugung Tonnen	Ausbringen Prozent	
1891	3855	2147	2463	2 375 310	1 742 075	73,3	—
1892	3576	2306	2280	2 497 421	1 832 257	73.4	—
1893	3310	2184	2251	2 284 796	1 683 702	73,7	—
1894	3201	2317	2317	2 381 866	1 756 622	73,7	—
1895	3233	2216	2130	2 358 663	2 749 109	74,1	13.75
1896	3555	1208	2415	2 709 720	2 004 430	73,9	14.22
1897	3845	995	2566	2 968 620	2 207 840	74,4	17,13
1898	4028	813	2519	2 944 036	2 161 162	73,4	18,75
1899	4276	657	2894	3 121 155	2 304 607	73,8	20,50

[1]) Em. Harzé, „Annales des Mines de Belgique“ 1896, S. 469, 509, 517, und Oscar Simmersbach, Stahl und Eisen 1897, S. 961.

Digitized by Google

Koks-Ein- und Ausfuhr 1870 bis 1890 in Tonnen.

Jahr	Einfuhr	Ausfuhr	Überschufs der Ausfuhr
1870	8 108	576 501	568 393
1875	20 262	645 787	625 525
1880	17 217	850 346	833 129
1885	22 094	848 726	826 632
1890	65 339	1 061 759	996 420

Ein- und Ausfuhr mineralischer Brennstoffe in Tonnen.

Jahr	Einfuhr			Ausfuhr		
	Steinkohlen	Briketts	Koks	Steinkohlen	Briketts	Koks
1891	1 621 065	3 686	140 576	4 750 232	350 691	933 668
1892	1 486 212	5 542	191 054	4 539 485	351 570	991 028
1893	1 288 640	5 545	287 560	4 849 887	489 225	941 663
1894	1 377 009	4 317	326 188	4 539 525	573 463	879 278
1895	1 530 364	3 452	362 834	4 661 477	459 702	870 983
1896	1 693 376	1 561	260 273	4 649 799	459 974	863 067
1897	2 017 344	632	269 606	4 448 544	615 074	909 486
1898	2 202 517	1 756	280 590	4 579 955	666 265	878 435
1899	2 844 274	10 725	296 508	4 568 938	525 625	1 008 740

Eisenerze.

Förderung Belgiens 1850 bis 1890[1]).

Jahrzehnt	Menge Tonnen	Gesamtwert Frcs.	Wert für die Tonne Frcs.
1851 bis 1860	7 118 869	68 886 000	9,68
1861 bis 1870	7 853 158	75 660 000	9,63
1871 bis 1880	4 271 831	39 956 000	9,35
1881 bis 1890	1 955 325	13 660 000	6,98

Eisenerzerzeugung.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1870	654 000	1888	213 000	1896	307 031
1880	253 000	1892	209 943	1897	240 774
1883	216 000	1893	284 469	1898	217 370
1886	153 000	1894	311 222	1899	201 445
1887	185 000	1895	351 075	(Wert 1899: 1 073 100 Frcs.)	

[1]) Iron and Coal Trade Review, 18. Dezbr. 1896.

Eisenerzeinfuhr (etwa 90 Prozent des Verbrauchs) in Tonnen.

Ursprungsland	1899	1900
Luxemburg	1 412 438	1 324 572
Spanien	292 580	267 547
Frankreich	211 994	246 155
Deutschland	107 224	116 077
Schweden	62 604	87 053
Portugal	49 894	40 639
Griechenland	43 268	21 770
Algier	2 740	162
Übrige Länder	26 156	37 152
Insgesamt	2 208 898	2 141 128

Roheisenerzeugung 1850 bis 1880 in Dezennien.

Jahrzehnt	Menge Tonnen	Gesamtwert Frcs.	Wert für die Tonne Frcs.
1851 bis 1860	2 842 848	270 406 000	95,12
1861 bis 1870	4 420 528	336 233 000	76,07
1871 bis 1880	5 487 860	448 395 000	81,71
1881 bis 1890	7 503 173	392 506 000	52,58

Roheisenerzeugung 1870 bis 1900 in Tonnen.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1870	565 234	1881	525 438	1891	684 126
1871	609 230	1882	726 946	1892	753 268
1872	655 565	1883	783 000	1893	745 264
1873	607 373	1884	750 812	1894	818 597
1874	532 790	1885	714 677	1895	829 234
1875	541 805	1886	701 277	1896	959 414
1876	490 508	1887	756 000	1897	1 035 037
1877	470 000	1888	826 850	1898	979 755
1878	519 000	1889	832 226	1899	1 024 576[1]
1879	453 371	1890	787 836	1900	1 018 507
1880	608 000				

[1]) Hierfür verbraucht: Belgische Erze . . . 229 186 Tonnen
Fremde Erze . . . 2 714 381 „
Schlacken . . . . 260 575 „

An Sorten fielen: Puddelroheisen . . 317 029 Tonnen
Giefsereiroheisen . . 84 165 „
Bessemerroheisen . 169 664 „
Thomasroheisen . . 453 718 „
1 024 576 Tonnen

Wert der Roheisenerzeugung 1895 bis 1899.

Jahr	Wert zu 1000 Frcs.	Wert pro Tonne Frcs.
1895	40 208	48.21
1896	51 560	53,76
1897	60 720	58,66
1898	57 904	59,10
1899	74 404	76.61

Roheisenerzeugung nach Provinzen 1881.

Brabant	3 550	Tonnen
Hennegau	337 127	„
Namur	47 964	„
Lüttich	204 214	„
Luxemburg	32 583	„
Zusammen	625 438	Tonnen

Roheisenerzeugung nach Sorten und Provinzen in Tonnen.

Sorte	1886			1899
	Hennegau	Lüttich, Namur u. s. w.	Zusammen	zusammen
Gießereiroheisen	9 750	63 244	72 994	84 165
Puddelroheisen	316 561	169 521	486 082	317 029
Stahlroheisen	—	138 034	138 034	623 382
Insgesamt	326 311	370 799	697 110	1 024 576

Roheisenerzeugung nach Bezirken im Jahre 1896.

	Puddelroheisen	Gießereiroheisen	Thomas- u. Bessemerroheisen	Zusammen
I. Generalinspektion.				
1. Bezirk Mons	—	—	—	—
2. „ Contre	28 963	—	—	28 963
3. „ West-Charleroi	126 235	200	143 040	269 475
4. „ Ost-Charleroi	54 050	1 100	34 600	89 750
II. Generalinspektion.				
5. Bezirk Namur und Luxemburg	84 645	65 645	—	150 290
6. „ West-Lüttich	—	—	—	—
7. „ Ost-Lüttich (linkes Maasufer)	23 145	—	66 848	89 993
8. „ Ost-Lüttich (rechtes Maasufer)	47 602	—	256 707	304 309
Insgesamt	364 640	66 945	501 195	932 780

Roheisenerzeugung.

	1875	1885	1889	1892	1893	1894	1895	1897	1898	1899
Werke in Betrieb	—	—	—	18	17	17	—	17	—	17
Zahl der Hochöfen	42	32	34	27	30	30	—	34	—	34
Zahl der Arbeiter	—	—	—	2726	2881	2824	—	3305	—	—
Verbrauch:										
Erze, belgische	—	162 352	186 765	190 236	243 587	249 466	292 565	283 992	256 141	229 186
„ ausländische	—	1 468 083	1 608 169	1 521 619	1 478 444	1 795 862	1 648 936	2 202 228	2 092 535	2 714 381
Schlacke und Bruch	—	246 635	317 446	252 641	230 672	221 496	200 658	270 927	205 725	260 575
Erzeugung:										
Puddelroheisen	478 675	510 989	586 776	442 009	428 480	378 045	329 750	426 332	308 875	317 029
Giefsereiroheisen	63 130	75 416	59 676	67 236	74 630	80 110	85 450	78 410	93 645	84 165
Spiegel-(Mangan-)eisen	—	5 041	4 065	—	—	—	—	12 636	6 259	—
Bessemerroheisen	—	119 115	165 493	190 599	165 077	170 420	61 606	183 709	173 085	169 664
Thomasroheisen	—	4 116	15 116	53 424	77 077	190 022	252 428	333 950	397 891	453 718
Gufswaren I. Schmelzung	—	—	1 100	—	—	—	—	—	—	—
Zusammen	541 805	714 677	832 226	753 268	745 264	818 597	829 234	1 035 037	97 755	1 024 576
Wert in 1000 Frcs.	—	—	—	—	—	—	40 200	60 720	57 904	74 401
Wert pro Tonne in Frcs.	—	—	—	—	—	—	48,24	58,66	59,10	72,61

Gufswaren II. Schmelzung 1888: 194 Kilotonnen.

Durchschnittspreise 1893 in Frcs.: Puddelroheisen 44,99, Giefsereiroheisen 47,69, Bessemerroheisen 57,96, Thomasroheisen 47,33, im ganzen 48,38.

Digitized by Google

Stand der belgischen Hochöfen am 1. Juni 1898.

Bezirke und Werke	Hochöfen: Gesamtzahl	Hochöfen: in Betrieb	Hochöfen: aufser Betrieb	Erzeugung in 24 Stunden in Tonnen: Puddeleisen	Erzeugung in 24 Stunden in Tonnen: Giefsereieisen	Erzeugung in 24 Stunden in Tonnen: Stahlroheisen
Charleroi:						
Acoz	2	1	1	70	—	—
Bracquegnies	2	—	2	—	—	—
Thy-le-Château	6	—	6	—	—	—
Süd-Châtelineau	1	1	—	70	—	—
Couillet	4	4	—	—	—	300
La Louvière	2	1	1	80	—	—
Bonehill	2	1	1	90	—	—
Monceau	2	2	—	205	—	270
La Providence	3	3	—	—	—	—
Zusammen	24	13	11	515	—	570
Lüttich:						
Cockerill	6	5	1	—	—	400
Ougrée	3	2	1	—	—	120
Angleur	4	3	1	—	—	260
Espérance	2	1	1	—	—	90
Grivegnée	1	—	1	—	—	—
Zusammen	16	11	5	—	—	930
Luxemburg:						
Athus	2	2	—	260	—	—
Halanzy	2	2	—	—	125	—
Musson	2	2	—	80	70	—
Zusammen	6	6	—	340	195	—
Gesamtziffer	46	30	16	855	195	1500

Schweifseisenerzeugung 1850 bis 1890 nach Dezennien.

Jahrzehnt	Menge (Tonnen)	Gesamtwert (Frcs.)	Wert für die Tonne (Frcs.)
1851 bis 1860	1 431 443	334 520 000	233,69
1861 bis 1870	3 587 642	668 340 000	186,29
1871 bis 1880	4 667 485	958 300 000	205,31
1881 bis 1890	5 054 070	721 622 000	142,78

Schweifseisen-Fertigfabrikate in Tonnen.

1875	436 440	1885	469 249	1893	485 021
1876	399 138	1886	470 255	1894	453 290
1877	—	1887	534 056	1895	445 899
1878	—	1888	547 818	1896	494 032
1879	493 409	1889	577 204	1897	474 858
1880	—	1890	514 311	1898	485 040
1881	456 680	1891	497 280	1899	475 198
1884	471 048	1892	479 008	1900	362 252

Sorten.

	1886	1889	1891	1893	1895	1899
Schweres Handelseisen	174 504	182 601	145 902	135 193	76 101	93 591
Leichtes Handelseisen	81 426	118 464	101 508	117 199	163 380	197 747
Formeisen	77 036	92 653	93 712	84 151	57 712	56 737
Schmiedestücke	3 230	5 209	3 812	2 448	741	662
Nageleisen	12 464	14 612	17 232	13 910	16 625	8 240
Walzdraht, Bandeisen	18 848	21 921	18 646	18 468	21 397	19 800
Grobbleche und Platten	70 285	104 317	86 194	80 524	68 476	66 482
Feinbleche	27 540	33 164	29 003	31 462	40 733	31 122
Eisenbahnschienen	4 922	4 263	1 271	1 666	734	817
Zusammen	470 255	577 204	497 280	485 021	445 899	475 198
Durchschnittspreis für die Tonne in Mark	—	—	145.99	127,57	124,98	160,85

	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1899
Werke in Betrieb	64	63	62	48	48	49	47	46
Öfen zum Puddeln	485	444	431	371	358	357	339	340
„ „ Wärmen	214	206	198	158	157	151	159	156
„ zu anderen Zwecken	212	206	207	201	210	212	209	193
Arbeiterzahl	—	15 453	16 199	13 654	13 586	14 821	15 163	15 427
Durchschnittslohn Frcs.	—	—	—	—	—	—	—	3,70

Erzeugung nach Provinzen.

	1881	1886
Brabant	22 760	335 052 (Brabant und Hennegau)
Hennegau	255 109	
Namur	39 795	134 970 (Namur, Lüttich und Luxemburg)
Lüttich	138 001	
Luxemburg	335	
Zusammen	456 000	470 022

Digitized by Google

	1892	1895	1899
Roheisen verpuddelt: inländisches . . .	482 000	346 875	350 020
ausländisches . .	48 738	108 956	135 470
Verbrauch von Luppen für Rohschienen	482 200	—	17 865 (+ 26 228 Alteisen)
Erzeugte Rohschienen	455 329	—	419 618
Verbrauch f. Fertigfabrikate: Luppen . .	414 124	379 840	410 468
Rohschienen	92 601	48 052	36 084
Schrott . .	97 490	130 974	167 379
Zusammen	604 215	518 866	613 931
Fertigfabrikate	479 008	445 899	475 198

Schweifseisen.

	1892	1893	1897	1899
Werke im Betrieb	63	62	47	46
Öfen zum Puddeln in Betrieb	127	431	339	340
„ „ Wärmen „ „	81	198	159	156
„ zu anderen Zwecken in Betrieb	176	207	206	193
Arbeiterzahl	15 453	16 199	15 103	15 427
Durchschnittstagelohn in Frcs.	3,16	3,23	3,45	3,70
Verbrauch von Roheisen zum Puddeln:				
belgisches	482 200	468 086	407 004	350 020
ausländisches	48 738	55 338	96 960	135 470
Erzeugung von Luppen . . .	455 329	446 608	432 100	419 618
Verbrauch für Rohschienen:				
Luppen	45 846	39 460	20 412	17 865
Abfalleisen	47 883	45 449	25 631	26 228
Erzeugung von Rohschienen .	76 687	68 760	38 651	36 918
Verbrauch für Fertigfabrikate:				
Luppen	414 124	428 796	403 920	410 468
Rohschienen	92 601	73 309	37 016	36 084
Schrott	97 490	108 923	158 733	167 379
Erzeugung von Fertigfabrikaten (siehe oben)	479 008	485 021	474 819	475 198
Wert im ganzen . . . . Frcs.	64 879 000	61 873 100	64 394 908	76 436 500
„ pro Tonne . . . . „	—	—	135,61	160,85

Schweifseisen und Flufseisenerzeugung in Tonnen (Fertigfabrikate).

Jahr	Schweifs-eisen-	Wert pro Tonne Frcs.	Flufseisen	Wert pro Tonne Frcs.
1875	436 440	—	53 560	—
1876	399 138	—	71 558	—
1881	456 880	—	47 200	—
1884	471 048	—	153 999	—
1885	469 249	—	116 119	—
1886	470 255	—	137 771	—
1887	534 056	—	229 321	—
1888	547 818	—	243 647 [1])	—
1889	577 200	—	214 561	—
1890	514 311	—	242 566 [1])	—
1891	497 280	—	243 913 [1])	—
1892	479 008	—	208 281	—
1893	485 021	—	224 922	—
1894	453 290	—	341 318	—
1895	445 899	124,38	367 947	115,27
1896	494 032	129,95	519 311	121,56
1897	474 858	135,61	525 231	132,34
1898	485 040	135,93	567 728	134,94
1899	475 198	160,85	633 950	151,67
1900	362 252	—	654 827 [1])	—

Flufseisenerzeugung (einschl. Tiegelstahl) 1861 bis 1890 nach Dezennien.

Jahrzehnt	Blöcke Tonnen	Fertigfabrikate Tonnen	Fertigfabrikate Wert Frcs.	Fertigfabrikate Preis für die Tonne Frcs.
1861 bis 1870	12 924	11 990	4 423 000	368,89
1871 „ 1880	684 520	463 184	116 810 000	207,41
1881 „ 1890	1 787 810	1 637 390	224 402 000	136,45

Bessemerstahlerzeugung 1864 bis 1876 in Tonnen.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1864	296	1871	10 854
(zu 400 Mark pro Tonne)		1872	14 985
1865	969	1873	21 265
1866	1460	1874	36 589
1867	1767	1875	53 560
1868	2509	1876	71 558
1869	3699	(zu 160 Mark pro Tonne)	
1870	5977		

[1]) Blöcke.

Digitized by Google

Erzeugung von Thomasstahl nach Gilchrist in Tonnen.

1880	3 295	1887	50 777
1881	14 200	1888	31 947
1882	16 672	1889	47 037
1883	27 399	1890	46 445
1884	31 700	1891	38 793
1885	21 056	1892	56 274
1886	27 938		

Flufseisen 1884 bis 1900 in Tonnen.

Jahr	Blöcke und Gufsstücke	Fertig-fabrikate	Jahr	Blöcke und Gufsstücke	Fertig-fabrikate
1884	185 916	153 999	1895	454 619	367 947
1885	146 189	116 119	1896	598 974	519 311
1886	164 405	137 771	1897	616 604	525 231
1892	260 037	208 281	1898	653 130	558 995
1893	273 113	224 922	1899	729 920	633 950
1894	405 661	341 318	1900	654 327	564 056

Nach Sorten.

	1886	1889	1892	1893	1895	1899
Eisenbahnschienen	71 769	139 356	125 648	104 496	122 357	123 119
Bandagen	6 939	14 879	9 103	7 648	7 359	11 212
Gewalzter Stahl	37 897	38 096	40 478	64 783	179 249	340 355
Geschmiedeter Stahl	7 311	16 748	7 523	6 332	4 551	32 180
Starke Bleche und Platten	3 060	9 362	10 649	25 058	30 002	68 051
Feine Bleche	695	2 623	5 706	8 556	12 442	37 844
Stahldraht	10 400	13 497	9 174	10 249	11 987	21 189
Zusammen	137 771	214 561	208 281	224 922	367 947	633 950

Nach Provinzen 1886 in Tonnen.

	Hennegau	Lüttich und Namur	Zusammen
Stahlgufs und Blöcke	4 962	134 253	139 215
Geschmiedete Stahlstücke, Schienen und Bleche	9 952	119 466	129 418
Insgesamt	14 914	253 719	268 633

Verbrauch und Erzeugung 1892 in Tonnen.

Verbrauch an Roheisen:		Erzeugung:	
Belgisches	204 721	Blöcke	260 037
Ausländisches	44 958	Fertigfabrikate	208 281
Schrott	42 248		
Zusammen	291 927	Wert: 27 601 000 Frcs.	

Flufseisen.

	1892	1893	1897	1899
Werke in Betrieb	9	10	11	15
Öfen (Martin-) in Betrieb	5	5	9	11
Konverter in Betrieb	11	13	17	25
Wärmöfen in Betrieb	43	40	44	53
Arbeiter	3 130	3 403	5 876	7 681
Durchschnittstagelohn Frcs.	3,40	3,43	3,50	3,78
Verbrauch von Roheisen für Rohstahl:				
Belgisches	204 721	226 988	529 664	620 812
Ausländisches	44 958	41 848	112 669	125 184
Schrott	42 248	42 783	73 181	97 235
Erzeugung von Blöcken	260 037	273 113	616 541	731 249
Verbrauch für Fertigfabrikate:				
Blöcke belgische	247 882	242 190	525 428	666 438
Blöcke ausländische	1 751	2 475	1 542	2 903
Blooms belgische	27 615	39 630	101 008	88 169
Blooms ausländische	1 247	1 916	6 649	3 843
Erzeugung von Fertigfabrikaten	208 281	224 922	527 617	633 950
Wert in Frcs.	27 601 000	28 868 300	69 828 000	96 154 300
Wert pro Tonne in Frcs.	132,52	128,34	132,34	151,67

Fertigfabrikate 1899.

Schienen	123 119	Tonnen
Radreifen	11 212	„
Verschiedene Walzeisen	340 355	„
Schmiedestücke	32 180	„
Grobbleche	68 051	„
Feinbleche	37 844	„
Draht	21 189	„
Zusammen	633 950	Tonnen

Digitized by Google

Durchschnittspreise für die Tonne in Mark.

Jahr	Giefsereiroheisen	Frischroheisen	Jahr	Flufseisen Fabrikate	Flufseisen Blöcke
1891	46,11	36,98	1886	92,98	—
1892	37,72	35,20	1890	123,98	—
1893	37,23	34,36	1891	112,89	76,96
1894	37,66	34,42	1892	106,02	71,61
1895	34,99	33,38	1893	102,67	67,16
1896	38,10	43,20	1894	94,22	65,10
1897	46,54	42,06	1895	92,22	60,58
1898	42,74	40,80	1896	97,25	?
1899	53,35	42,85	1897	105,78	72,04
1900	66,46	48,20	1899	121,34	83,21

Einfuhr 1888 bis 1898 in Tonnen.

	1888	1889	1890	1891	1892
Eisenerze	1 746 984	1 805 210	1 644 422	1 500 915	1 679 443
Roheisen	211 055	243 190	245 956	86 729	149 563
Alteisen	25 267	24 608	18 320	15 253	24 614
Schmiedeeisen und Eisenwaren	18 243	23 976	23 137	20 920	24 322
Stahl und Stahlwaren	4 921	12 362	13 516	11 501	18 647

	1893	1894	1895	1897	1898
Eisenerze	1 683 464	1 942 883	1 817 623	2 544 377	2 252 530
Roheisen	156 187	227 427	225 165	288 955	317 869
Alteisen	27 291	24 704	23 744	51 985	51 919
Schmiedeeisen und Eisenwaren	27 914	26 714	25 188	44 020	50 316
Stahl und Stahlwaren	30 907	31 587	37 111	52 385	50 889

Ausfuhr 1888 bis 1898 in Tonnen.

	1888	1889	1890	1891	1892
Eisenerze	148 310	157 327	171 654	189 739	225 650
Roheisen	9 722	14 513	11 463	16 992	18 253
Alteisen	3 609	7 559	11 702	6 961	9 494
Schmiedeeisen und Eisenwaren	368 343	412 299	356 109	331 302	338 000
Stahl und Stahlwaren	97 344	116 185	109 603	32 205	98 867

	1893	1894	1895	1897	1898
Eisenerze	171 110	258 529	328 427	410 817	381 827
Roheisen	18 519	12 057	9 815	10 381	16 557
Alteisen	9 709	8 491	12 523	17 590	22 350
Schmiedeeisen und Eisenwaren	363 270	344 595	342 920	431 809	454 365
Stahl und Stahlwaren	99 675	156 267	199 724	221 959	211 449

1897: 24 455 Eisenhüttenarbeiter.

Einfuhr und Ausfuhr 1899 und 1900 in Kilotonnen.

	1899		1900	
	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr
Eisenerze	2621	318	2530	421
Roheisen	360	14	306	8
Eisen- und Stahlfabrikate	89	652	108	536
Maschinen	34	41	45	44

Ein- und Ausfuhr 1899 und 1900 im prozentualen Verhältnis zur Produktion.

	1899	1900
Roheisen:		
Produktion je 1000 Tonnen	1030	1019
Einfuhr in Prozent der Produktion	34,9	30,0
Ausfuhr in Prozent der Produktion	1,3	0,8
Eisen- und Stahlfabrikate:		
Produktion je 1000 Tonnen	1492	1458
Einfuhr in Prozent der Produktion	6,0	7,4
Ausfuhr in Prozent der Produktion	43,7	36,8

Gesamtausfuhr von Eisen und Stahl 1896[1].

Nach	Tonnen	Prozent
Grofsbritannien	3 552 000	57,3
Deutschland	1 511 296	24,5
Belgien	580 976	9,4
Frankreich	357 748	5,8
Vereinigte Staaten	205 367	3,0
Zusammen	6 207 387	100,0

[1]) Nach Iron and Coal Trade Review vom 2. April 1897.

Digitized by Google

Ein- und Ausfuhr 1890 in Tonnen.

	Einfuhr	Ausfuhr
Eisenerze	1 644 421	171 392
Roheisen	250 952	11 309
Alteisen	18 634	11 757
Gufswaren	2 381	30 896
Eisendraht	3 811	2 340
Eisenschienen	156	12 856
Eisenblech	1 857	45 679
Verschiedene Eisensorten	10 089	217 960
Nägel	665	10 103
Verarbeitetes Eisen	3 673	30 896
Roher Gufsstahl	9 883	453
Stahlschienen	756	73 867
Gewalzter Stahl	3 779	26 121
Bearbeiteter Stahl	1 053	8 983

Ausfuhr 1897 bis 1899 in Tonnen.

	1897	1898	1899
Steinkohlen und Koks	5 335 943	5 453 473	5 572 622
Eisen:			
Gufseisen, unbearbeitet	10 390	16 557	13 240
Gufseisen, bearbeitet	30 977	26 842	29 627
Alteisen	15 825	22 350	31 473
Rohschienen und Masseln	303	306	1 433
Barren und Profileisen	211 371	239 637	225 098
Bleche	60 530	68 271	79 340
Träger	60 593	65 746	66 153
Schienen	1 681	1 040	2 098
Draht	2 722	1 530	2 388
Eisen, verkupfert, vernickelt u. s. w.	1 330	1 752	2 358
Weifsblech	3 168	1 430	1 423
Stahl:			
Gufsstahl, roh und verarbeitet	80	120	310
Gufsstahl, unbearbeitet	1 161	897	912
Barren und Profileisen	27 099	23 945	22 403
Bleche	7 834	11 069	12 137
Träger	52 769	56 936	42 897
Schienen	86 562	81 261	71 547
Draht	2 372	3 493	5 049
Zusammen Eisen und Stahl	576 767	623 182	609 886

Ausfuhr 1898 und 1899 nach folgenden Ländern in Tonnen.

	1898	1899
Europa:		
Frankreich	44 794	50 825
Deutschland	12 660	20 994
England	102 943	105 671
Niederlande	82 617	85 452
Österreich	327	—
Italien	9 152	12 315
Spanien und Portugal	15 324	29 730
Rufsland	57 464	47 414
Schweden und Norwegen	26 447	29 098
Schweiz	4 733	8 284
Türkei	22 862	17 216
Rumänien	24 208	12 917
Griechenland	5 178	4 570
Dänemark	4 594	7 253
Amerika:		
Mittel- und Südamerika	43 762	41 981
Vereinigte Staaten	1 640	1 677
Afrika	19 143	15 635
Asien:		
China	38 980	26 287
Japan	32 479	31 139
Britisch-Indien	55 274	35 935
Niederländisch-Indien	126	138
Australien	3 695	2 439
Nicht namhaft gemachte Länder	19 810	22 916
Zusammen	623 182	609 886

Eisenverbrauch in Kilotonnen (nach Rentzsch).

	1890	1895	1898	1899	1900
Einwohnerzahl in Millionen	6,0	6,5	6,5	7,0	7,0
1. Hochofenproduktion	830	829	980	1030	1019
2. Einfuhr:					
a) Roheisen aller Art, altes Brucheisen	264	268	395	433	368
b) Materialeisen und Stahl, grobe Eisen- und Stahlwaren, einschl. Maschinen aus Eisen	55	65	97	111	173
Hierauf Zuschlag zur Reduktion auf Roheisen $33^1/_3$ Prozent	19	22	32	37	58
Zusammen Einfuhr	338	355	524	581	599
Insgesamt Produktion und Einfuhr	1168	1184	1504	1611	1618

Digitized by Google

	1890	1895	1898	1899	1900
3. Ausfuhr:					
a) Roheisen aller Art, altes Brucheisen	23	24	40	46	52
b) Materialeisen und Stahl, grobe Eisen- und Stahlwaren, einschl. Maschinen aus Eisen	550	558	703	690	683
Zuschlag hierauf 33⅓ Prozent . . .	183	186	234	230	228
Zusammen Ausfuhr	756	768	977	966	963
Einheimischer Verbrauch (1 + 2 — 3)	412	416	527	645	655
Pro Kopf Kilo	68,7	64,0	81,1	92,1	93,6
Eigene Produktion pro Kopf Kilo	138,3	127,5	150,8	147,1	145,6

	1890	1893	1894	1895	1898	1899	1900
Verbrauch pro Kopf Kilo . . .	68,7	85,0	63,1	64,0	81,1	92,1	93,6
Produktion „ „ „ . . .	138,3	125,5	124,8	127,5	150,8	147,1	145,6

Österreich-Ungarn.

Die uralte Eisenindustrie des Kaiserstaates hat seit 1870 trotz der veränderten Verhältnisse eine höchst gedeihliche Entwickelung genommen. Hierzu haben vielerlei innere und äufsere Gründe beigetragen, am meisten aber ein verständnisvolles, auf wissenschaftlicher Grundlage beruhendes Erfassen der Bedingungen der Eisenindustrie, der gegebenen Verhältnisse und der gebotenen Verbesserungen.

Der Mann, dem hierfür das gröſste Verdienst zukommt, war Peter von Tunner, der Direktor der Bergakademie zu Leoben, in welchem praktischer Sinn und theoretisches Verständnis in seltener Weise vereinigt waren und der durch sein eminentes Lehrtalent weit über die Grenzen seines Vaterlandes segensreich gewirkt hat, so dafs dessen zahlreiche Schüler im Deutschen Reiche ihm ebenso dankbare Verehrung gezollt haben und seinem Andenken noch zollen wie seine Landsleute. Auf dem von ihm vorgezeichneten Wege wirkten dann seine Schüler und Nachfolger, besonders Franz Kuppelwieser, Anton von Kerpely, Josef Gängl von Ehrenwerth, segensreich weiter.

Zu den äufseren Gründen, die zur gedeihlichen Entwickelung der österreichisch-ungarischen Eisenindustrie beitrugen, gehörte die weise Politik der kaiserlichen Regierung. Der Ausgleich mit Ungarn, der im Jahre 1867 zustande kam, war der Ausgangspunkt der Entfaltung

der ungarischen Eisenindustrie. Diese wurde wesentlich dadurch gefördert, dafs sich der Staat eines grofsen Teiles seines Montanbesitzes entäufserte und diese der privaten Bewirtschaftung überliefs. Dies geschah nicht nur in Ungarn, sondern auch in den österreichischen Stammlanden, besonders in den Alpenländern.

Zu den inneren Gründen gehören die technischen Fortschritte im Eisenhüttenwesen, sowohl durch die Einführung und Entwickelung der neuerfundenen Flufsstahlprozesse, des Bessemer-, Martin- und Thomasverfahrens, als auch durch die verbesserte Verwendung der im Lande vorhandenen Brennstoffe durch Vervollkommnung der Gasfeuerungen.

Österreich-Ungarn ist reich an guten Eisenerzen, dagegen arm an Steinkohlen. Braunkohlen und Torf, mit denen es reichlicher versehen ist, müssen aushelfen, was für die Eisenindustrie in den meisten Fällen erst durch deren Vergasung ermöglicht wird.

	Steinkohlen Kilotonnen	Braunkohlen Kilotonnen
Österreich förderte 1896 . . .	9 723	18 389
1899 . . .	11 455	21 752
Ungarn förderte 1896 . . .	1 068	3 475
1899 . . .	1 239	4 293

Nach der Natur seiner Eisenerze zerfällt Österreich (Cisleithanien) in zwei Gruppen: die Südgruppe, die Alpenländer umfassend, worin Spateisenstein vorherrscht, und die Nordgruppe: Böhmen, Mähren und Schlesien, mit vorherrschenden Braun- und Thoneisensteinen. Diese Verschiedenartigkeit der Erze beeinflufst nicht nur die Natur und Güte der Erzeugnisse, sondern auch die Betriebsweise. Ungarn hat eine grofse Mannigfaltigkeit an Erzarten und einen solchen Reichtum an guten Erzen, dafs es beträchtliche Mengen davon ausführt, besonders nach Österreichisch- und Deutsch-Schlesien.

In früherer Zeit, als Holzkohlenbetrieb und Frischprozefs noch vorherrschten, lag der Schwerpunkt der Eisenerzeugung in der Südgruppe, in den Alpenländern. Seit Einführung des Steinkohlenbetriebes und der Flufseisendarstellung hat eine Verschiebung zu Gunsten der Nordgruppe stattgehabt. In Prozenten betrug die Erzgewinnung:

	1878	1897
der südlichen Provinzen	67,8	36,5
„ nördlichen Provinzen	32,2	63,5
	100,0	100,0

Digitized by Google

und die ganze Erzförderung Österreichs dem Gewicht nach 1878 666150 Tonnen, 1899 1725143 Tonnen. Ungarns Eisenerzförderung betrug 1899 1587600 Tonnen, wovon ein Drittel ausgeführt wurde.

Die Roheisenerzeugung Österreichs ist in der Zeit von 1871 bis 1899 von 250320 Tonnen auf 996385 Tonnen, also nahezu um das Vierfache, die Ungarns von 132902 auf 471268 Tonnen, die der gesamten österreichisch-ungarischen Monarchie von 424638 Tonnen auf 1467653 Tonnen gewachsen.

Die hohe Bedeutung des Bessemerprozesses für Österreich hatte besonders Tunner frühzeitig erkannt und seinen Bemühungen war es gelungen, dieses Verfahren bereits im Jahre 1863 in Turrach einzuführen. Die Eisenerze der Alpenländer und anderer Gebiete gestatteten die Herstellung eines guten Bessemerroheisens aus einheimischem Roheisen. Eine gröfsere Anzahl von Werken war deshalb in den folgenden Jahren dem Beispiel der Eisenhütten zu Turrach und in der Heft gefolgt.

1867 hatte man auch die ersten Versuche mit dem Martinprozefs begonnen. Als man mit der Flufseisendarstellung anfing, hatte das Puddelverfahren noch keineswegs die alte Holzkohlenfrischerei ganz verdrängt. Das Bessemerverfahren ersetzte dieses zum Teil, und zwar um so vorteilhafter, als der Preis der Holzkohlen immer mehr stieg. Als dann 1878 die Erfindung des basischen Bessemerprozesses durch Gilchrist Thomas auch die Verarbeitung phosphorhaltiger Roheisensorten in der Birne gestattete, und als man bald danach lernte, in dem Martinofen mit basischem Futter ein weiches Flufseisen als Ersatz für Frisch- und Puddeleisen herzustellen, da errang dies Flufseisen bald den Sieg über das Schweifseisen, und zwar geschah dies in Österreich früher als in irgend einem anderen Lande. Leider fehlt es an zuverlässigen Zahlen über die Schweifseisenerzeugung in der österreichischen Monarchie, während für die Erzeugung des Flufseisens eine Statistik vorhanden ist. Aus dieser, dem Roheisenverbrauch und anderen Angaben läfst sich aber die Schweifseisenerzeugung annähernd berechnen. Danach wurden erzeugt:

	Schweifseisen	Flufseisen
1882	251587 Tonnen [1])	239772 Tonnen
1883	243950 „	289624 „

Im Jahre 1883 hat also bereits die Erzeugung des Flufseisens die des Schweifseisens überflügelt und diesen Sieg seitdem dauernd

[1]) Die berechneten Zahlen können selbstverständlich keinen Anspruch auf Richtigkeit machen, kommen derselben aber wohl genügend nahe.

behauptet. In Grofsbritannien trat dieser Zustand erst 1885, in Deutschland erst 1890 ein.

Zu Anfang der siebziger Jahre bestand noch eine nicht unbedeutende Holzkohlen-Eisenindustrie in den österreichischen Alpenländern und in Siebenbürgen fanden sich vereinzelt sogar noch Stückofenbetriebe. Solche erwähnt A. von Kerpely in seinem Bericht über die Wiener Weltausstellung im Jahre 1873 zu Thoreczko bei Thorda und zu Plotzko bei Vajda-Hunyad in Siebenbürgen. Auch auf dem Gyalar in Siebenbürgen verschmolz man 1872 gerösteten Brauneisenstein mit Holzkohlen in einem Stückofen. Man erhielt dabei ein direkt verarbeitbares Rohstahleisen.

Das Roheisen wurde in Südösterreich noch meist mit Holzkohlen geschmolzen. 1870 begann man zuerst in den Alpenländern zu Prävali in Kärnten mit der Erbauung eines grofsen Kokshochofens für 15000 Tonnen Jahreserzeugung. 1873 war man in Südösterreich auf folgenden Werken teilweise zum Koksbetrieb übergegangen: zu Prävali in Kärnten (ein Ofen), zu Schwechat bei Wien (zwei Öfen), zu Zeltweg in Steiermark (ein Ofen), ferner war ein Koksofen zu Niklasdorf im Bau.

In Nordösterreich waren 1871 neue Kokshochöfen zu Witkowitz und Mährisch-Ostrau und auf Carl-Emilshütte bei Nusic in Böhmen und 1872 zu Trzynietz in Mähren gebaut worden.

Durch Erhöhung der Windtemperatur auf 500 bis 600° C. in Gjers' Winderhitzern (Clevelandapparaten) erzielte man auch bei den Holzkohlenhochöfen Mehrerzeugung und Kohlenersparnis, so im Jahre 1871 zu Olsa in Kärnten 25 bis 30 Prozent, zu Treibach und Eisenerz in Steiermark 29 Prozent und brauchte man bei weifsstrahligem und weifsem Eisen nur 55 Gewichtsteile Holzkohlen auf 100 Eisen. Zu Olsa bei Friesach hatte man 1872 mit gutem Erfolg ein Drittel der Holzkohlen durch Köflacher Braunkohlen ersetzt.

Auf der Adalberthütte bei Kladno in Böhmen hatte Jacobi seine Entphosphorung auf nassem Wege durch Auslaugen der gerösteten Erze mit einer Lösung von schwefliger Säure eingeführt. Ebenso hatte Jacobi dort einen Gasfang und Chargiervorrichtung mit beweglichem Trichterstück konstruiert. Den Wind lieferte ein grofses Balanciergebläse, dessen Windcylinderkolben 2,845 m Durchmesser und Hub hatte.

Zu Jauerberg und Putten in Krain wurden 1872 Hochöfen nach Büttgenbachs System gebaut. Auf ersterer Hütte erblies man ein

Digitized by Google

sehr manganreiches strahliges Eisen mit 12 bis 22 Prozent Mangan für den Bessemerprozeſs.

In Tirol, wo im Süden vereinzelt noch die alte Müglaschmiede betrieben wurde, hatte man Wagnersche Röstöfen und seit 1873 Fillafer-Öfen und Gjers-Winderhitzer. Das Roheisen wurde teils vergossen, teils in Frischfeuern mit Holzkohle zu Stabeisen und Stahl verfrischt.

In Ungarn regte sich die Eisenindustrie seit Anfang der siebziger Jahre mächtig. Die Werke der Südbahngesellschaft zu Reschitza und Annina hatten schon in dem vorhergehenden Jahrzehnt groſse Bedeutung erlangt. Die Lias-Steinkohle von Steierdorf lieferte den Brennstoff. 1871 wurde dieselbe zu Annina in 60 Öfen für den Hochofenbetrieb verkokt. Braun- und Roteisensteine von Morawitza und Dognacska bildeten den Hauptteil der Beschickung. Auſserdem war die Steinkohle von Blackband begleitet. Mit verbesserten Wasseralfinger Winderhitzungsapparaten erzielte man eine Temperatur des Gebläsewindes von 350° C.

Der Hochofen von Kalán in Siebenbürgen zeichnete sich (1871) durch eigentümliche Bauart aus. Zwischen Raugemäuer und Kernschacht war ein zwei Fuſs breiter Zwischenraum. 1872 schmolz man zu Kalán unter Leitung von Massenez in einem Hochofen nur mit roher Braunkohle, später mischte man derselben ein Viertel Koks bei. Auf dem neugegründeten Königl. ungarischen Staatswerk in Diósgyör war 1870 der erste Hochofen angeblasen und 1871 das Schienenwalzwerk in Betrieb gesetzt worden. Zu Salgo Tarján wurden 1872 zuerst die Siemens-Gasfeuerung und das Walzen von I-Trägern eingeführt.

Auf der Weltausstellung in Wien im Jahre 1873 zeigte sich die österreichische Eisenindustrie und die erzielten Fortschritte, wenn auch in zersplitterter Aufstellung, in bestem Lichte. Der gröſste Kokshochofen von Witkowitz hatte damals 18,72 m Höhe, 5,44 m Weite im Kohlensack, 4,80 m in der Gicht und 2,24 m im Gestell. Seine Wochenproduktion betrug 240 Tonnen. Ebenso viel lieferte der neue Hochofen zu Prävali von nur 16,96 m Höhe und 4,68 m Weite im Kohlensack, allerdings mit den vorzüglichen Kärntner Erzen. Zwei weitere groſse Kokshochöfen waren von der Innerberger Hauptgewerkschaft zu Schwechat bei Wien nach Büttgenbachs System erbaut worden. Ihre Maſse waren 18,97 m Höhe, 5,69 m im Kohlensack, 4,11 m in der Gicht, 2,21 m im Gestell. Es waren dies damals die gröſsten Hochöfen Österreichs. Ein Ofen lieferte täglich 50 Tonnen

Bessemerroheisen mit Koks von Oslavan. Ein Kokshochofen war ferner zu Zeltweg in Steiermark errichtet und in Niclasdorf befand sich, wie erwähnt, einer im Bau. Man setzte damals auch in den Alpenländern grofse Hoffnung auf den Hochofenbetrieb mit Koks.

In der nördlichen Gruppe waren aufser zu Witkowitz Kokshochöfen zu Stefanau, Trzynietz und in Böhmen zu Kladno, Rockycan, Karlshütte und Zbirow. Die Holzkohlenhochöfen von Ritter von Friedau in Vordernberg hatten eine Tagesproduktion von 25 bis 30 Tonnen, während die kleineren Öfen nur die Hälfte erzeugten.

In Ungarn hatten die Werke der Staatsbahngesellschaft im Jahre 1873 drei Hochöfen zu Reschitza und einen zu Deutsch-Bogsan in Betrieb, welche Magnet- und Roteisensteine von Morawitza mit Holzkohle schmolzen. Zu Annina verhüttete man aufser Kohleneisenstein die Erze von Dognatzka in zwei Kokshochöfen. Diese Werke erzeugten etwa ein Viertel der gesamten Produktion Ungarns. 1872 erblies Reschitza 17 634 Tonnen, Annina 14 604 Tonnen. Nach diesen hatten die ungarischen Staatswerke zu Rhonitz, welche die Werke Rhonitz, Brezova, Teisholz, Libethen, Poinik, Mostenicz, Waiszkova, Jaffena, Polhora, Zeleznik, Dobschau und Gölnicz umfafsten, die gröfste Erzeugung, sie betrug 1871 9738 Tonnen Roheisen. Ungarn zeigte auf der Wiener Weltausstellung sein Streben nach Selbständigkeit und Entwickelung seiner nationalen Eisenindustrie [1]).

Bei dem Puddel- und Schweifsbetrieb war das Streben auf Brennstoffökonomie gerichtet. Aus diesem Grunde führte man 1871 in Prävali einen Lundinschen Sägespäne-Gasschweifsofen ein. Die Benutzung von Siemens' Regenerativfeuerung bei den Schweifsöfen erzielte in Prävali und Judenburg eine bedeutende Brennstoffersparnis.

Eine grofse Bedeutung hatte der Bessemerprozefs erlangt. In Österreich waren den ersten Unternehmen zu Turrach und Heft das ärarische Eisenwerk Neuberg, die Stahlhütte der Südbahn zu Gratz, Zeltweg, die Anlagen zu Witkowitz, Kladno, Ternitz, Teplitz gefolgt. Von diesen war Ternitz mit sechs Konvertern 1873 am bedeutendsten. 1873 betrug die Bessemerstahlerzeugung bereits 70 000 Tonnen. Es folgten 1873 und rasch danach die Stahlhütten von Prävali und Trzynietz. Ungarn besafs 1873 nur ein Bessemerwerk zu Reschitza, das aber zu den gröfsten der Monarchie gehörte und in zwei Kon-

---

[1]) Franz Kuppelwieser, Offizieller Ausstellungsbericht, Das Hüttenwesen, S. 77; Anton Kerpely, Das Eisen auf der Wiener Weltausstellung 1873.

Digitized by Google

vertern im Jahre 1872 7950 Tonnen Flufsstahl erzeugte, der hauptsächlich zu Eisenbahnschienen verwendet wurde.

Jos. von Ehrenwerth brachte ein Verfahren direkter Eisenerzeugung auf einem horizontalen Drehherd in Vorschlag. Lang und Frey führten ihr zu Weidisch erprobtes Verfahren der Roheisengewinnung aus Frisch- und Schweifsschlacken, die mit Kohlenlösche und Kalk vermengt in einem kleinen Hochofen geschmolzen wurden, vor. Kladno stellte seinen Röhrengufs, Ganz & Co. in Budapest ihren vorzüglichen Hartgufs aus. Von wissenschaftlichen Arbeiten aus jener Zeit sind die „Studien über den Hochofenprozefs" von F. Kuppelwieser und Schöffel, ferner des ersteren Abhandlung „Über Wärmeentwickelung im Bessemerofen" und M. von Lills Untersuchungen österreichischer und ungarischer Eisenerze hervorzuheben.

Die ersten Jahre des siebenten Jahrzehnts waren auch in Österreich eine Zeit grofsen Aufschwunges, der durch die Vorbereitung für die Wiener Weltausstellung noch erhöht wurde. Leider folgte auf diese Zeit des Aufschwunges in der zweiten Hälfte des Jahres 1873 ein Rückschlag, der, weil er mit der Weltausstellung in Wien zusammenfiel und deshalb dort besonders auffiel, als der „Wiener Krach" bezeichnet wurde. Die österreichische Eisenindustrie litt schwer darunter. Die Roheisenerzeugung sank von 1873 bis 1877 von 534548 Tonnen auf 388240 Tonnen. Dennoch sind auch aus dieser Zeit manche Fortschritte zu verzeichnen.

Die Wiener Weltausstellung hatte die Aufmerksamkeit auf W. Siemens' Erzstahlprozefs und auf die rotierenden Puddelöfen von Danks und Seller gelenkt. Mit ersterem wurden 1874 Versuche in Neuberg, Prävali und in Ungarn angestellt, aber ohne günstigen Erfolg. Lang und von Ehrenwerth mischten geröstete Eisenerze mit Reduktionsmitteln, trugen dieses „Stahlgut" in einen rotierenden Ofen ein, reduzierten bei niedriger Temperatur und rauchender Flamme, steigerten alsdann die Hitze, gossen in einem zweiten Ofen geschmolzenes Roheisen über den reduzierten Eisenschwamm und erhielten so Flufseisen [1]).

Ein grofsartiges Eisenwerk für eine Produktion von 80000 Tonnen Koksroheisen, das in rotierenden Cramptonöfen verpuddelt werden sollte, legte Strousberg in der von ihm erworbenen Herrschaft

---

[1]) Österr. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1875, Nr. 15 und 16.

Zbirow in Böhmen an, doch geriet das Unternehmen schon 1875 in Konkurs, ehe es vollendet war.

1875 gelang es in Jauerburg und Sava in Krain, Ferromangan im Hochofen herzustellen. 1875/76 wurden 6555 M.-Centner Ferromangan mit 37 bis 45 Prozent Mangan, 2717 M.-Centner mit 20 bis 36 Prozent, 2061 M.-Centner Spiegeleisen mit 11 bis 19 Prozent und 5043 M.-Centner mit geringerem Mangangehalt erblasen.

In Prävali, wo man mit Koks von Fünfkirchener Steinkohle schmolz, kehrte man 1875 wieder zum Holzkohlenbetrieb zurück. In dem 1873 erbauten Bessemerwerk schmolz man das Roheisen in Kupolöfen um. Auf dem Werke befanden sich auch fünf Doppelpuddelöfen und vier Gasschweifsöfen.

Der Bessemerprozefs hatte sich noch mehr ausgebreitet; die Birnen standen meist direkt mit den Hochöfen in Verbindung. 1874 wurden 24472 Tonnen ohne Umschmelzen des Roheisens erblasen. Wo man in Kupolöfen umschmolz, suchte man durch heifses Einschmelzen und reichlichen Schrottzusatz (bis 60 Prozent) die Mehrkosten auszugleichen.

In Ungarn führte Ludwig v. Borbely 1876 mit Erfolg Siemens' Regeneratorfeuerung bei den Puddelöfen, die mit Braunkohlen geheizt wurden, ein. Ein solcher Gaspuddelofen machte in der 12stündigen Schicht sieben bis acht Chargen von 450 kg Einsatz. Man erhielt 3000 bis 3500 kg Luppen bei einem Kohlenverbrauch von 160 bis 180 Prozent. Ferner führte Borbely rotierende Pernotöfen und ein Universalwalzwerk ein. 1876 stellte man in Reschitza Ferromangan im Hochofen dar. Zu Altsohl versah man 1878 die Schweifsöfen mit Bicherouxfeuerungen und die Puddelöfen mit wassergekühlten Backen.

Zu Josephsthal in Böhmen arbeitete man schon 1877 mit Torfgasöfen mit Regeneratoren nach Pietzkas System.

Tunner wies 1878 auf die Wichtigkeit des Siemens-Martinverfahrens für weiches Flufseisen von unter 0,2 Prozent Kohlenstoffgehalt hin. 1878 baute J. Prochaska auf dem Eisenwerk der Südbahngesellschaft in Graz ein neues Siemens-Martinstahlwerk mit Öfen für 10 Tonnen Einsatz und Gasbetrieb. Mit dem vorzüglichen Altmaterial erhielt man ein sehr gutes Produkt. Da die Unterhaltungskosten geringer waren wie beim Bessemern, so war der Betrieb vorteilhafter, solange genug Altmaterial vorhanden war. Mischung und Entzündung von Gas und Verbrennungsluft fanden erst im Ofenherd statt. Man hatte acht Gasgeneratoren. Auf 100 Tle. Flufseisen wurden 87,6 Tle. Kohlen und 104,57 Tle. Eisenmaterial

Digitized by Google

(26,78 Roheisen, 73,80 Alteisen und 3,79 Spiegeleisen) verbraucht. Die Jahreserzeugung betrug 6000 Tonnen Blöcke, die zu Eisenbahnschienen verarbeitet wurden. Die Qualität wurde durch die Eggertzsche Kohlenstoffprobe und ein rasches Verfahren der Phosphor- und Manganbestimmung kontrolliert. Infolge der guten Erfahrungen wurde in Graz der Bessemerprozefs ganz durch das Martinverfahren verdrängt. Die in dem Puddelwerk des Grazer Walzwerks eingeführten Crampton-Rotatoren arbeiteten (1877) gut. Pernot-Drehöfen waren zu Annina im Banat für Flufsstahl eingeführt worden. Zu Zeltweg schmolz man 1878 im Hochofen mit einem Gemisch von Koks und Braunkohle, und zwar setzte man auf 986 kg Koks 715 kg Braunkohlen. 1877/78 baute Direktor Goedecke von Düsseldorf verbesserte Whitwell-Winderhitzer nach seinem System zu Trzynietz und Witkowitz.

1879 machte sich wieder ein Aufschwung in der österreichischen Eisenindustrie fühlbar, wozu der Zollschutz durch die Einführung des autonomen Zolltarifs wesentlich beitrug. In diesem Jahre wurde das Thomas-Gilchrist-Verfahren zur Entphosphorung und Flufseisenbereitung bekannt. Josef Gängl von Ehrenwerth wies auf die wirtschaftliche Bedeutung derselben hin[1]) und stellte zuerst eine richtige Theorie des Prozesses auf, indem er nachwies, dafs wie bei dem sauren Verfahren das Silicium bei dem basischen Verfahren der Phosphor als Brennstoff wirke und die hohe Temperatur des Eisenbades erzeuge. Bereits im Sommer 1879 führte man in Kladno und dann in Teplitz und Witkowitz das neue Verfahren ein, allerdings an letzterem Orte mit der Abänderung, dafs man erst in einer Birne mit saurem Futter das Silicium abschied und dann in einer Birne mit basischer Auskleidung die Entphosphorung bewerkstelligte. Das Thomasverfahren wurde bald darauf auch in Ternitz eingeführt.

1879 baute Max Glenzer zu Bržova in Ungarn Holzgaspuddelöfen mit liegenden Regeneratoren.

Das Roheisen, welches 1880 zu Witkowitz „thomasiert“ wurde, enthielt aufser dem normalen Gehalt an Kohlenstoff 0,9 Prozent Phosphor, 0,75 Silicium, 0,2 Schwefel und 0,07 Kupfer, das daraus erblasene Flufseisen 0,05 bis 0,15 Prozent Kohlenstoff, 0,02 bis 0,05 Phosphor, 0,02 Schwefel, 0,07 Kupfer und Spuren von Silicium. Die Zerreifsfestigkeit betrug 40 bis 42 kg, die Kontraktion 60 Prozent.

In den achtziger Jahren nahm die Eisenindustrie Österreichs und

---

[1]) Siehe Österr. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1879, Nr. 18.

Ungarns eine sehr gedeihliche Fortentwickelung. Die Roheisenproduktion Österreichs stieg von 1880 bis 1890 von 320302 Tonnen auf 686273 Tonnen, die Ungarns von 143932 Tonnen auf 299107 Tonnen, also in den beiden Hälften der Monarchie um mehr als das Doppelte.

1880 wurden in Steiermark aus Frischherden noch 130826 M.-Centner, aus Puddelöfen 353353 M.-Centner Schweifseisen und 254483 M.-Centner Flufseisen und Flufsstahl erzeugt.

Das Patent für das basische Thomasverfahren hatten damals die Werke zu Witkowitz, Kladno und Teplitz erworben. Unter der Leitung von Paul Kuppelwieser entwickelte sich die Thomasstahlfabrikation zu Witkowitz in gedeihlicher Weise weiter. Der geringe Phosphorgehalt des Roheisens zwang anfangs zu der erwähnten Teilung des Prozesses (Harmets Verfahren). Später ging man zum reinen Thomasverfahren über, nachdem es gelungen war, phosphorreiches Roheisen durch Zusatz phosphorreicher Puddelschlacken, die aus Peine bezogen wurden, herzustellen. Dabei gab man auch die phosphorreiche Thomasschlacke immer wieder in den Hochofen zurück. Zur Auskleidung der Thomasbirnen verwendete man gebrannte Dolomitziegel mit geringem Kieselsäuregehalt. Das Thomasflufseisen war besser als das früher erzeugte Bessemerflufseisen, besonders für Schienen, Radreifen, Achsen, Schwellen, Kessel-, Schiffs- und Weifsblech, Konstruktionseisen, Draht, Schrauben und Bolzen, gewalzte Röhren und Schmiedestücke jeder Art. Für Bleche zog man es dem Schweifseisen vor. Silicium und Phosphor des Roheisens mufsten zusammen mindestens 2,5 Prozent betragen, um genügend heifses Flufsmetall zu erhalten. Man hatte die auswechselbaren Konverterböden von Holley eingeführt. Ein Boden hielt 30 Chargen aus, wenn man die sauren Düsen alle fünf bis sechs Chargen erneuerte.

Auf dem 1873 gegründeten Stahlwerk zu Teplitz wurde 1879 versuchsweise, dann 1881 dauernd der Thomasprozefs eingeführt. Man bezog in Ermangelung von genügend phosphorreichem einheimischen Roheisen solches von Ilsede am Harz, das 2 bis 2,4 Prozent Phosphor und 2,5 Prozent Mangan enthielt, für den Thomasprozefs, da man damals noch kein geeignetes Roheisen erblies. Das Werk, das auf die billige Braunkohle begründet war, hatte zwei 6- bis 7-Tonnen-Konverter für Bessemerbetrieb und einen von 8 Tonnen Einsatz für das Thomasverfahren. Das Einschmelzen erfolgte in Regenerativ-Gasflammöfen. Das reine Roheisen der Alpenländer eignete sich mehr für den Bessemer- als für den Thomasprozefs. P. von Tunner berechnete,

Digitized by Google

dafs die Mehrkosten des Thomasierens durch das teurere Futter und den Abbrand sich um 1 Gulden (Mark 1,70) pro Tonne höher stellten als das Bessemern, um so viel müfste also das Roheisen zum mindesten billiger sein.

Nordösterreich besafs mehr phosphorhaltige Erze und so erblühte hier erst das Thomas-, dann das basische Martinverfahren, was nach und nach zu einer Verschiebung der Erzeugung und zu einer Mehrproduktion der nördlichen gegenüber der südlichen Gruppe führte. Unter dieser Verschiebung litt am meisten die oberösterreichische Kleineisenindustrie, welche noch den handwerksmäfsigen Betrieb beibehalten hatte und gewohnheitsmäfsig auf den Bezug des vortrefflichen steierischen Holzkohlen-Frischeisens und Stahls eingerichtet war. Die Zahl der Kleinmeister, welche die mannigfaltigen Eisen- und Stahlwaren lieferten, war eine überaus grofse. 1880 zählte man 3127 Betriebe, wovon 532 auf das Gebiet der Stadt Steyr entfielen. Dennoch hatte sich die Zahl der Betriebe vermindert, denn 1860 gab es deren in der Stadt Steyr noch 783, während man 1880 in der Stadt nur 504 zählte. Hochöfen gab es in Oberösterreich keine, dagegen hatte die Innerberger Hauptgewerkschaft ein bedeutendes Walz- und Hammerwerk zu Reichraming, das 1880 1120 Tonnen steyrisches Roheisen verarbeitete, und Hammerwerke zu Kleinreifling und Weyer. Früher hatten die Eisen- und Stahlwaren aus dem vorzüglichen Eisen und Stahl der Alpenländer gewissermafsen ein Monopol. Durch die Flufsstahlfabrikation hatte sich das wesentlich geändert. Es wurde an sehr vielen Orten guter Flufsstahl, der für Kleineisenzeug, für Messerwaren, Sensen, Feilen u. s. w. geeignet war, hergestellt, und diese Fabrikation war deshalb nicht mehr so wie früher von den Gebieten, aus deren Erzen Qualitätseisen hergestellt wurde, abhängig. Hieraus erwuchs den alten Betriebsstätten eine bedeutende Konkurrenz. Remscheid und Solingen hatten sich den neuen Verhältnissen rascher angepafst, die Handarbeit vielfach durch Maschinenbetrieb ersetzt und lieferten ihre guten und billigen Waren nach Österreich. Zum Fabrikbetrieb konnte man sich hier nicht aufschwingen, dazu fehlte es auch an Kapital und die genossenschaftliche Arbeit litt durch den Zerfall der alten Zünfte. Die Handarbeiter waren in Abhängigkeit von den Händlern, ihr Verdienst war gering, es fehlte der Nachwuchs. Dabei war der einzelne oft nicht imstande, ein Stück fertig zu machen, indem sich eine weitgehende Arbeitsteilung ausgebildet hatte, so dafs ein Arbeiter meist nur lernte, einen Teil eines Stückes anzufertigen. Es wurde viel beraten und versucht, um dem

Notstand entgegen zu arbeiten. Um dem Arbeitermangel abzuhelfen, gründete die Landesregierung in der Stadt Steyr eine Lehrwerkstätte.

Trotz der schlimmen Lage wurde noch Tüchtiges geleistet, wo sich alte Genossenschaften erhalten hatten oder wo gröfsere Unternehmungen sich entwickelten. Zu letzteren gehörten die berühmte Gewehrfabrik von Franz Werndl zu Unterhimmel bei Steyr, die Schöndorfer Gufsstahlfabrik und die Messerwarenfabrik von Ignaz Bandl; zu ersteren gehörten die uralte Trattenbacher Messergenossenschaft, die 1880 noch 20 Meister zählte und besonders die Micheldorfer Sensengewerksgenossenschaft, die 46 Gewerken umfafste, die an 1000 Arbeiter beschäftigten. Die grofsen Waffenfabriken der Firma J. F. Werndl u. Co. in Steyer und Oberletten beschäftigten 3000 bis zu 5000 Mann. Steiermarks Erzeugung betrug 1880: 130826 M.-Centner Herdfrischeisen, 353353 M.-Centner Flammofenfrischeisen und 254483 M.-Centner Flufseisen und Stahl. Zu Gratz und Zeltweg walzte man Eisenbahnschienen aus Bessemerstahl.

Die Sensenwerke in Steiermark umfafsten zu Anfang der achtziger Jahre 23 Werke mit 107 Öfen und 140 Hammerschläger, diese beschäftigten 773 Arbeiter und verarbeiteten 18215 M.-Centner Stahl, und zwar Tiegelgufsstahl, Martin- und Bessemerstahl, der weniger Ausschufs und gröfsere Produktion gab als Frisch- und Puddelstahl. Sehr bedeutend hatte sich die Fabrikation von Draht und Drahtstiften in Steiermark entwickelt; sie verarbeitete auf den Werken zu Kindberg, Brück, Thörl, Knittelfeld, Admont, Donawitz und Rottenberg 35000 M.-Centner.

Ein wichtiges Ereignis für die Eisenindustrie der Alpenländer war die Gründung der Österreichischen Alpinen Montan-Gesellschaft 1881, welche die wichtigsten Eisenwerke Steiermarks sowie die zu Prävali in Kärnten und Schwechat bei Wien in sich aufnahm; 1886 umfafste sie 31 berg- und hüttenmännische Etablissements, die 650734 Tonnen Braunkohlen, 430530 Tonnen Eisenerze, 151539 Tonnen Hochofenerzeugnisse, 60661 Tonnen Flufsstahl und 50312 Tonnen Schweifseisen und Stahl erzeugten.

In Obersteiermark hatte 1882 das Fürstl. Schwarzenbergische Bessemerwerk zu Turrach drei kleine Birnen, deren Erzeugnisse auf den Hämmern zu Murau, Frauenberg und Vordernberg zu Streckstahl verarbeitet wurden. Neuberg gofs dagegen schwere Blöcke, die unter grofsen Hämmern zu Achsen, Bandagen, Platten u. s. w. ausgeschmiedet wurden. Martinöfen gab es 1882 in Neuberg und Donawitz. Gufs-

Digitized by Google

stahlwerke in Kapfenberg, Mürzzuschlag, Rothenthurm bei Judenburg und Tajagraben. Die wichtigste Gufsstahlhütte war Kapfenberg, das der Innerberger Hauptgewerkschaft gehört und mit 12 Siemens-Schmelzöfen zu je 20 Tiegeln arbeitete. Die vier Hütten lieferten 30500 M.-Centner Gufsstahlkönige und 600 M.-Centner Façongufs. Geprefste emaillierte Waren lieferte besonders Handl u. Co. zu Knittelfeld.

In Kärnten zählte man 1882 zu Lölling, Treibach, Heft, Eberstein, Prävali, St. Gertraud, Eisenstrattau, Waidisch und Schwarzenbach 23 Hochöfen. Die Hüttenberger Eisenwerksgesellschaft besafs die gröfsten und besten Hochöfen, ihr gehörten auch die beiden einzigen Bessemerhütten zu Heft und Prävali. Zu Heft wurde das flüssige Roheisen vom Hochofen unmittelbar in die Birne geleitet und die Abfälle in die Birne geworfen. 1878 wurden 115289 M.-Centner Roheisen und 127203 M.-Centner Bessemereisen erzeugt. Prävali erblies etwa 100000 M.-Centner, Lölling 150000 M.-Centner und Treibach 100000 M.-Centner Bessemereisen. Die Zahl der Eisenraffinier- und Schmelzwerke in Kärnten war beträchtlich. Es gab 30 Raffinierwerke mit 68 Frischfeuern auf Eisen und 7 auf Stahl, 52 Puddel- und 22 Schweifsöfen, 29 Siemensöfen, 71 Glühöfen, 141 verschiedene Feuer und 7 Cementstahlöfen [1]. Sensenfabriken waren in Greifenberg, Himmelberg, Klein-Glödnitz und besonders in Wolfsberg, wo sieben Firmen die Fabrikation betrieben. Die altberühmte Gewehrfabrik zu Ferlach lieferte meistens Jagdgewehre. 1874 war die Villacher Maschinenfabrik gegründet worden.

Sehr rührig war Anfang der 80er Jahre der neugegründete Berg- und Hüttenmännische Verein für Steiermark und Kärnten, der auch eine gute Zeitschrift herausgab. Erwähnung verdient auch, dafs vom 19. bis 21. Sept. 1882 zu Wien ein Meeting des Iron and Steel Institute abgehalten wurde. P. v. Tunner erstattete dabei einen Bericht über die Lage der Eisenindustrie in Steiermark und Kärnten.

In Südböhmen hatte sich 1882 im Böhmerwald noch eine alte Holzkohlenindustrie erhalten, hauptsächlich Hämmer und keine Werke. Zu Pisek war ein Hochofen in Betrieb. Drei Giefsereien waren in Klabowa, Rözmital und Sedletz.

Im Königreich Ungarn zählte man 1882 41 Schmelzwerke mit 68 Hochöfen, wovon 52 im Feuer standen. Von diesen wurde nur einer zu Reschitza ausschliefslich mit Koks betrieben, einer zu Kalán mit Koks und Braunkohle, einer zu Annina mit Holzkohle und Stein-

[1] Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1884, S. 207.

Digitized by Google

kohle und einer zu Theisholz mit Holzkohle und Koks, alle übrigen hütteten nur mit Holzkohlen. Ungarn besafs grofse Waldungen, die aber meist von den Erzgebieten entfernt lagen. Das Stahlwerk zu Reschitza hatte vier Konverter und zwei Martinöfen. Ein zweites Flufsstahlwerk war zu Diosgyör entstanden mit zwei Konvertern und zwei Martinöfen. Das Bessemerroheisen lieferten die oberungarischen Schmelzwerke. Zu Salgó-Tarjan wurden Holzgasöfen betrieben. Tiegelschmelzöfen mit Regenerativfeuerung waren in Kudsir. Hier und zu Brezova wurde auch Frisch- und Puddelstahl gemacht. Der Verbrauch von Schmiedeeisen in Ungarn betrug 1882 92 880 Tonnen, von Gufswaren 40 947 Tonnen, hierzu kam noch der Eisenverbrauch für Eisenbahnen von etwa 77 000 Tonnen.

1883 schlug J. v. Ehrenwerth die Regenerirung der Gichtgase vor. Moser führte seine Gasröstöfen in Steiermark ein, Sailler in Witkowitz Gasgeneratoren mit kontinuierlichem Betrieb. Springer baute seinen Doppel-Puddelofen mit Regenerativfeuerung auf der Hermannshütte in Böhmen; K. Wittgenstein und A. Kurzwernhart betrieben in Teplitz die Fabrikation von Flufsstahlschienen mit Braunkohlen.

1885 führte Hupfeld in Prävali die Kleinbessemerei in Clapp-Griffith-Öfen mit Erfolg ein. 1886 wurde diese auch zu Bikas und Altsohl in Ungarn für die Herstellung von Flufsstahlblechen aufgenommen. 1885 stellte man zu Eibiswalde Chromstahl, zu Witkowitz Nickelstahl im Martinofen dar; Mangan- und Wolframgufsstahl lieferte Kapfenberg.

Der Aufschwung der Eisenindustrie Ungarns war um diese Zeit sehr bedeutend und viele wichtige Neuerungen kamen zur Einführung. Annina hatte 1884 zwei Hochöfen im Feuer, wovon der eine nur mit Koks, der andere zu zwei Dritteln mit Holzkohle und zu einem Drittel mit roher Steinkohle (Liaskohle) betrieben wurde. Die Winderhitzung geschah in drei Whitwell-Apparaten, die Winderzeugung durch ein vertikales Cylindergebläse von der Gesellschaft John Cockerill in Seraing. Das Werk hatte eine bedeutende Giefserei, hauptsächlich für Ofen- und Röhrengufs mit 440 Arbeitern. Das Puddel- und Walzwerk hatte 14 Puddel- und 11 Schweifsöfen, die etwa 10 000 Tonnen Schweifseisen lieferten. Das Walzwerk zu Brezova hatte vierthürige Puddelöfen nach dem System Kerpely und 10 Gasschweifsöfen, die durch vier Koksgeneratoren gespeist wurden. Eine Spezialität des Werkes war die Fabrikation gezogener und gewalzter Röhren für Siede- und Gasröhren. Das Ticzolczer Eisenwerk im Gömörer Komitat hatte zwei

Digitized by Google

Hochöfen mit Whitwell-Winderhitzern. Kleinere Schmelzwerke waren zu Govardia und zu Vajda Hunyad, ersteres hatte noch einen zweiförmigen Hochofen. Ferner sind zu nennen das Eisen- und Stahlraffinierwerk zu Kudsir, das gräflich Dionys Andrássysche Eisenwerk zu Dernö mit Hochöfen, Giefserei mit zwei Kupolöfen und 182 Arbeitern. Das dem Grafen Ladislaus Czaky gehörige Eisenwerk zu Prakensdorf im Zipser Komitat hatte einen Hochofen, drei Kupolöfen, drei Puddel- und fünf Schweifsöfen und 300 Arbeiter. Viele ungarische Werke suchten durch teilweise Verwendung von roher Braunkohle in Hochöfen Ersparnisse zu erzielen. Dies geschah beispielsweise auf den dem Kronstädter Bergbau- und Hütten-Aktienverein gehörigen Werke Ruszkitza und Balán. Die Rima-Murany-Salgó-Tarjan-Eisenwerks-Aktiengesellschaft war ähnlich wie die Alpine Montangesellschaft eine grofsartige Vereinigung zahlreicher Eisenwerke. Aufser den in der Firma genannten Hauptwerken gehörten dazu die Hochofenhütten Röcze, Nyusta und Likér und die Raffinierhütten und Walzwerke von Ozd und Nádast.

1886 führte man in Reschitza die Flufseisenerzeugung in Siemens-Martinöfen mit basischem Herd nach Schmiedhammers Konstruktion ein[1]). 1886 baute G. Pietzka zu Witkowitz Doppelpuddelöfen mit Gasfeuerung (Wassergas) mittels Dampfstrahlgebläse-Generatoren. Die Thomasbirne wurde mit gutem Erfolg mit Magnesitfutter ausgekleidet. Koppmeyer verband die Bessemerbirne mit einem basischen Martinofen mit Wassergasheizung und abhebbarem Gewölbe. Schmiedhammer empfahl Kippöfen mit auswechselbarem Herd. E. v. Skoda baute 1886 in Pilsen eine neue Gufsstahlhütte. Die österreichische Alpine Montangesellschaft verbesserte ihre zahlreichen Eisen- und Stahlwerke und baute namentlich Donawitz zu einem grofsen modernen Werke um.

Hier wie in Kindberg, Pichberg und Eibiswald wurden neue Gas-Puddelöfen angelegt, in Donawitz und Neuberg neue Martinstahlöfen erbaut. 1888 standen von 32 betriebsfähigen Hochöfen der Alpinen Montangesellschaft 19 im Betrieb, ferner 8 Konverter und 8 Siemens-Martinöfen. Die Firma beschäftigte 16711 Arbeiter, davon 8660 bei den Eisen- und Stahlwerken.

1887 wurden auf dem ungarischen Martinwerk Diosgyör neue Schmelzöfen mit gestampften Magnesitböden erbaut. 1888 wurde das Mannesmannswerk zu Kommotau von den Unternehmern Gebrüder Mannesmann, Remscheid, Eugen Langen, Köln, Friedrich

[1]) Vortrag über das Verfahren von A. Gouvy auf dem Bergmannstag in Wien 1888; siehe Stahl u. Eisen 1889, S. 396.

Siemens, Dresden, und Haardt in Wien erbaut und am 25. August eröffnet. In Witkowitz wurde 1888 die Herstellung von Panzerplatten und die Fabrikation gezogener Röhren eingeführt. Zu diesem Zwecke baute auch die Firma Huldschinsky, die in Preufsisch-Schlesien diese Fabrikation schwunghaft betrieb, ein eigenes Werk in Schönbrunn bei Mährisch-Ostrau.

Der weitere Aufschwung im neunten Jahrzehnt und die Zunahme der Roheisenproduktion seit 1890 steht auch in Österreich-Ungarn im engsten Zusammenhange mit der zunehmenden Bedeutung des basischen Prozesses. Die Roheisenerzeugung Österreichs stieg von 1890 bis 1899 von 686 273 Tonnen auf 996 385 Tonnen, die von Ungarn von 299 107 Tonnen auf 471 268 Tonnen. Die der Gesamtmonarchie demnach von 985 380 Tonnen auf 1 467 653 Tonnen.

Der Erfolg des basischen Flufseisenprozesses gab die Veranlassung zu der oben erwähnten Verschiebung der Produktionsverhältnisse in Österreich, deren Folge war, dafs die Produktion der nördlichen Gruppe, d. h. die Böhmens, Mährens und Schlesiens, die der südlichen Gruppe, der Alpenländer, überflügelte.

Diese Verschiebung wird durch beifolgende Statistik [1]) noch genauer erläutert:

	1868	1878	1888	1897
Roheisen:				
Erzeugung in Tonnen . . .	262 630	293 197	586 121	887 945
Geldwert in Gulden	16 856 422	14 448 345	21 841 029	31 648 971
Beteiligung in Prozenten:				
Niederösterreich	1,0	6,3	8,4	6,6
Salzburg	0,7	0,6	0,4	0,3
Steiermark	31,7	41,6	25,5	25,0
Kärnten	20,6	16,5	6,9	3,3
Tirol	1,3	0,8	0,5	0,2
Krain	2,0	2,0	0,7	1,1
Summe der südl. Provinzen	57,3	67,8	42,4	36,5
Böhmen	25,5	13,0	23,4	25,3
Mähren	13,5	10,2	26,2	32,0
Schlesien	1,9	7,3	7,6	6,0
Galizien	1,8	1,7	0,4	0,2
Summe der nördl. Provinzen	42,7	32,2	57,6	63,5
Insgesamt	100	100	100	100

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 675.

Digitized by Google

In Böhmen war es Karl Wittgenstein, der zu Ende der achtziger Jahre durch seine Initiative die Ausbeutung der bis dahin wenig geschätzten Erze des Nučicer Erzberges förderte. Das basische Martinverfahren wurde durch ihn nicht nur in Kladno eingeführt, sondern es entstanden hierfür durch seine Anregung neue Werke, wie die Carl-Emilshütte zu Königshof bei Beraun, das Blechwalzwerk Rudolfshütte bei Teplitz und 1890 das Gufsstahlwerk Goldihütte bei Kladno. Die älteren Eisenwerke von Kladno wurden mit den Fürstenbergischen Eisenwerken in ein gemeinschaftliches Unternehmen, die „Böhmische Montangesellschaft", vereinigt.

Auf allen Gebieten der Eisenindustrie sind in den neunziger Jahren grofse Fortschritte gemacht worden. Durch die Konzentration der Betriebe gingen freilich viele alte Werke, die, abseits der Eisenbahnen gelegen, hohe Frachtkosten zu zahlen hatten und die gesteigerten Preise für Holz und Holzkohlen nicht mehr erschwingen konnten, ein. Um so grofsartiger entwickelten sich die günstig gelegenen Hauptwerke.

Die Hochofenindustrie richtete sich immer mehr für Massenproduktion ein. Die kleinen Holzkohlenhochöfen verschwanden entweder ganz oder arbeiteten nur noch auf Spezialeisen für bessere Qualititäten.

In Kärnten z. B., wo 1887 noch 18 Hochöfen bestanden, wurden 1892 nur noch die Hochöfen zu Heft, Lölling und Prävali regelmäfsig betrieben, selbst die altberühmte Hütte zu Treibach war 1888 eingegangen.

In den Alpenländern war es vor allem die mächtige Alpine Montangesellschaft, welche immer neue Verbesserungen einführte. Ihr gehörten die Hochöfen zu Donawitz, Heft, Hieflau, Lölling, Mariazell, Prävali, Schwechat, Vordernberg und Zeltweg. Sehr wichtig war für diese die Eröffnung der Eisenbahn von Leoben über Vordernberg nach Eisenerz und dem steierischen Erzberg im Jahre 1892. Von den Hütten wurden die steierischen zu Vordernberg, Eisenerz und Hieflau (zum Teil) mit Holzkohlen betrieben, deren Beschaffung für den verstärkten Betrieb aber immer schwieriger wurde und teilweise von weither aus Kroatien und Slavonien geschehen mufste [1]). Obgleich auch der Koksbezug vielfach aus dem Auslande geschah, erlangten doch die Kokshochöfen für die Massenerzeugung eine immer gröfsere Bedeutung. Nach dem Ausweis von 1898 war die Roheisenproduktion der Alpinen Montangesellschaft 2 718 383 M.-Centner, wovon

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1896, S. 767.

780131 M.-Centner mit Holzkohlen, 1938252 M.-Centner mit Koks erblasen waren. Besonders war die Hütte zu Donawitz bei Leoben zu einer grofsen Kokshochofenhütte umgebaut worden. Der 1892 errichtete Hochofen war 20 m hoch, 2,75 im Gestell und 6,24 m in der oberen Rast weit. Er hatte einen Fassungsraum von 366 cbm und eine durchschnittliche Tageserzeugung von 170 Tonnen weifsen Roheisens; er wurde mit westfälischem und oberschlesischem Koks betrieben; der Koksaufwand betrug 86 Prozent. Im Jahre 1896 wurde ein noch gröfserer Hochofen, der eine Leistung bis zu 240 Tonnen erreichte, angeblasen. Die Gesellschaft betrieb ferner zu Zeltweg und zu Schwechat je zwei und zu Hieflau einen Kokshochofen, die mit niederschlesischem und Ostrauer Koks schmolzen. Die Holzkohlenhochöfen hatten durchschnittlich 104 cbm Inhalt, 60 Tonnen Tageserzeugung und einen Holzkohlenverbrauch von 0,45 cbm für 100 kg weifses Roheisen.

In Böhmen, das in früherer Zeit auch nur Holzkohlenhochöfen gehabt hatte, entwickelte sich nach Einführung des Thomasverfahrens eine bedeutende Kokshochofenindustrie, deren Grundlage die mächtigen Nučičer Erzlager, die den Clevelanderzen ähnelten, aber der Silurformation angehörten, bildeten. Die für den Thomasprozefs sehr geeigneten Erze, die geröstet 48 Proz. Eisen, 2,7 Proz. Phosphor, jedoch nur 0,1 Prozent Mangan enthielten, wurden von der Prager Eisenindustrie-Gesellschaft und von der böhmischen Montangesellschaft ausgebeutet. Um eine gröfsere Produktion zu erzielen, hatte man bereits in den achtziger Jahren die schlechten Koks von Kladno durch Ostrauer und später durch niederschlesischen und westfälischen Koks ersetzt. Die Prager Eisenindustriegesellschaft baute infolgedessen ihre alte Hütte zu Kladno ganz um und errichtete in den Jahren 1891, 1894 und 1895 je einen grofsen Kokshochofen. Die beiden ersten waren mit je drei Gödecke-Whitwell-Winderhitzern, der letztere mit vier Cowperapparaten versehen. Die neuen Kladnoer Öfen, die 280 bis 476 cbm Inhalt und 19,5 bis 22 m Höhe hatten, lieferten täglich je 90 bis 120 Tonnen Thomasroheisen, das flüssig den Birnen zugeführt wurde. Ähnlich waren die Verhältnisse auf der der böhmischen Montangesellschaft gehörigen Karl-Emilshütte in Königshof, die 1896 drei grofse moderne Hochöfen in Betrieb und einen im Bau hatte. Sie verarbeitete nur einen Teil ihrer Produktion auf ihrem Thomaswerke, ein anderer Teil ging an die Stahlwerke in Kladno und Teplitz. 1895 hatten die Hochöfen der Prager Eisenindustriegesellschaft 80178 Tonnen, die der böhmischen Montangesellschaft 106270 Tonnen Roheisen geliefert. Die Hütte in Rokycan blies nur Giefsereieisen.

Digitized by Google

Die gröfste Entfaltung hatte die mährisch-schlesische Gruppe genommen [1]). Die Hauptwerke waren in Witkowitz, Trzynietz, Blansko, Stefanau und Friedland. Der Aufschwung erfolgte besonders, nachdem Witkowitz und nach ihm Trzynietz dazu übergegangen waren, statt der armen mährischen und schlesischen Erze reiche Spat- und Brauneisenerze aus Steiermark und Ungarn zu beziehen. Der Hauptbezug geschah von den reichen Lagerstätten Ungarns zu Rudobanya und Zips. Hand in Hand damit gingen Vervollkommnungen des Hochofenbetriebes, womit Witkowitz zuerst vorging. Dieses erzeugte durch entsprechende Mischungen der mannigfaltigen bezogenen Erzsorten alle möglichen Eisensorten, wie z. B. Spiegeleisen, Ferromangan, Siliciumeisen, Phosphoreisen und Chromeisen sowohl für den eigenen Bedarf als für den Verkauf.

Witkowitz arbeitete seit 1896 mit sechs Hochöfen von 290 bis 363 cbm Inhalt und 150 bis 170 Tonnen Tageserzeugung von weifsem Roheisen oder 130 Tonnen Giefsereieisen. Bei weifsem Eisen wurden 90 Prozent, bei Giefsereieisen 105 Prozent Koks im Hochofen verbraucht. Witkowitz war es gelungen, mit seinen Gufswaren, wovon es 1895 40000 Tonnen verkaufte, das englische Giefsereieisen zum Teil zu verdrängen. Das erzherzoglich Albrechtsche Werk zu Trzynietz arbeitete 1896 auf ähnlicher Grundlage mit zwei Kokshochöfen; aufserdem hatte es mehrere Holzkohlenhochöfen, welche wie die zu Stefanau und Friedland graues Roheisen, das direkt aus dem Hochofen vergossen wurde, erzeugten. Stefanau und Blansko betrieben je einen nicht grofsen Kokshochofen auf Giefsereieisen. Die als Hausarbeit betriebene Kleineisenindustrie war auch in Böhmen und Mähren zurückgegangen, immerhin war die Herstellung von Messern und Messerfeilen noch ein wichtiges Gewerbe zu Rudolfstadt und Budweis in Böhmen und zu Rautschka und Hosialkow in Mähren.

Aufserhalb der Hauptgebiete waren noch zwei bemerkenswerte Hochofenanlagen im Süden der österreichischen Monarchie in den neunziger Jahren entstanden: zu Vares in Bosnien und die zu Servola bei Triest.

Seitdem Bosnien 1878 in österreichische Verwaltung übergegangen war, wendete die Regierung den reichen Mineralschätzen des Landes ihre Aufmerksamkeit zu. Bei Vares befand sich ein reiches Roteisensteinlager und seit undenklicher Zeit blühte dort in einem Seitenthal der Bosna eine Eisenindustrie, die aber mit Stücköfen einfachster Art arbeitete. Ein solcher Schmelzofen war ein mit Lehm ausgekleidetes Holzgerüst. Vier Pfähle von etwa 3 m Länge

---

[1]) A. a. O. S. 769.

wurden in den Boden gerammt, mit Weidengeflecht verbunden und dann innen mit einer dicken Lehmschicht beworfen. In diesem Ofen wurde das Eisenerz mit Holzkohlen mit Hülfe zweier Blasebälge eingeschmolzen. Zweimal wöchentlich wurde aufgebrochen, um das Stück herauszuschaffen, das dann zerhauen und dessen Teile in Herdfeuern gereinigt und weiter verarbeitet wurden. Diese primitive Industrie konnte sich nicht mehr erhalten, nachdem geordnete Handels- und Transportverhältnisse in Bosnien geschaffen waren. Um sie nicht gänzlich untergehen zu lassen und die reichen Erzschätze besser auszubeuten, liefs die österreichische Regierung 1891 zwei Hochöfen, die mit Holzkohlen und Koks betrieben werden sollten, erbauen. Ihre Produktion betrug 1895 bereits 3771 Tonnen Roheisen, 1899 war die Roheisenproduktion von Vares auf 13730 Tonnen gestiegen. In diesem Jahre wurde nach Plänen von Fritz W. Lürmann ein neuer Holzkohlenhochofen von 182 cbm Inhalt erbaut, der 1900 in Betrieb kam und der leistungsfähigste Holzkohlenhochofen Europas und der Welt wurde.

Die Hochofenanlage zu Servola bei Triest wurde von der Krainschen Industriegesellschaft gegründet, teils für den Bedarf ihres grofsen Werkes zu Afsling, teils um der englischen Einfuhr von Giefsereieisen Konkurrenz zu machen. Am 24. November 1897 wurde der nach den neuesten Grundsätzen erbaute Hochofen angeblasen. Man verschmolz algerische, spanische, griechische und bosnische Erze mit englischem Koks. Die Staatsregierung gewährte Steuer- und Gebührenbegünstigung.

Der grofse Fortschritt der österreichischen Hochofenindustrie findet ihren deutlichsten Ausdruck in der enormen Produktionssteigerung der Hochöfen der grofsen Werke: in Kladno betrug die Tagesproduktion 160 Tonnen, in Witkowitz 180 Tonnen, in Königshof 220 Tonnen und in den neuen Hochöfen zu Donawitz und Servola sogar 240 Tonnen Roheisen. Dementsprechend war die Gröfse der Gebläsemaschinen gewachsen, die zu Königshof hatte 2000 P.S. und lieferte 1100 cbm Wind bei einem Überdruck von $^3/_4$ Atmosphären in der Minute. Für einen neu projektierten Hochofen der Alpinen Montangesellschaft ist sogar eine Gebläsemaschine von 3000 P.S. für eine Windleistung von 1400 cbm in der Minute in Aussicht genommen.

Welche Roheisenmengen die grofsen Hochöfenwerke Österreichs lieferten, geht aus nachfolgender Zusammenstellung von E. Heirowsky[1]) für 1899 hervor. Danach erzeugte

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 677.

Witkowitz	275 000	Tonnen
Prager und böhmische Montan-Industrie-Gesellschaft in Kladno und Königshof in Böhmen	247 000	„
Donawitz und Vordernberg in Steiermark	195 000	„
Eisenwerksanlage in Schwechat bei Wien	60 000	„
Erzherzogliche Eisenwerke in Schlesien	50 000	„
Zusammen	827 000	Tonnen

was 93 Prozent der Roheisenproduktion Österreichs ausmacht.

Die Eisenindustrie des Königreichs Ungarn nahm in dieser Zeit einen nicht minder grofsen Aufschwung und entwickelte sich zu grofser Mannigfaltigkeit und Selbständigkeit. Ungarn, das sehr reich an guten Eisenerzen ist, besitzt zwei Haupterzgebiete, das eine im Südosten zwischen Bazias und Orsowa, von wo es sich nach Siebenbürgen und Grofswardein erstreckt, liefert Magnet-, Rot- und Brauneisenstein und bildet die Grundlager für die Banater und Siebenbürger Eisenwerke; das zweite oberungarische in den Karpathen, welches Spateisenstein und daraus entstandenen Brauneisenstein enthält, breitet sich in den Komitaten Gömör, Zips, Abanj, Torna, Sohl und Liptau aus. Am wichtigsten sind der Dobschauer Erzberg, die Gömörgrube bei Röcze, welche nur Brauneisenstein förderte, und im Südosten das grofse Erzlager von Rudóbánja bei Telekes. Oberungarn lieferte 1886 146 000 Tonnen Eisenerze, hiervon das Gömörer Komitat 82 000 Tonnen. In dieser Grafschaft standen 26 Hochöfen in Betrieb. Auch in Ungarn fand ein Zusammenschlufs der zahlreichen Einzelwerke zu grofsen Industriegesellschaften statt, diese vereinigten sich 1886 zu einem Kartell, das bessere Preise erzielte und für die Entwickelung der Eisenindustrie günstig wirkte. Seit 1884 nahm der Koksbetrieb zu, und zwar stieg er von 1884 bis 1888 von 16 auf 28 Prozent. Oberungarn bezog Koks aus Mähren und Schlesien, wohin es Eisenerze ausführte.

1886 erzeugte ganz Ungarn 225 500 Tonnen Frischroheisen und 9167 Tonnen Giefsereiroheisen; hiervon entfielen 37 426 Tonnen auf die ärarischen Werke. Die Erzausfuhr betrug 92 107 Tonnen, die Braunkohlenförderung 1 567 614 Tonnen, davon die der Salgó-Tarjaner Gesellschaft in der Berghauptmannschaft Neusohl allein etwa 500 000 Tonnen.

Die ungarischen Staatswerke konnten um so mehr als technische Musteranstalten betrieben werden, als die Beamten mit dem Verkauf nichts zu thun hatten, der allein von der königlichen Eisenwerksdirektion in Budapest besorgt wurde. Das bedeutendste ärarische Werk war Rhonitz-Brezowa am Grauflusse im Sohler Komitat. Von

Digitized by Google

den Privatwerken Oberungarns war Salgó-Tarjan das gröſste. Die ungarische Eisenindustrie beschäftigte 1886 30000 Arbeiter.

1890 erzeugten die ungarischen Hochöfen rund 280000 Tonnen Roheisen, hiervon die nachbenannten fünf gröſsten Unternehmer:

1.	Die k. k. Staatseisenbahngesellschaft	76 846 Tonnen
2.	Die Rima-Murány-Salgó-Tarjaner-Eisenwerksgesellschaft	58 322 „
3.	Die kgl. ungarischen Staatseisenwerke	57 077 „
4.	Graf Em. Andrássy	22 500 „
5.	Der Kronstädter Bergbau- und Hüttenverein	11 076 „

Der Preis des Frischereiroheisens war von 1886 bis 1890 von 2,80 auf 5 Gulden für 100 kg gestiegen.

Der gröſste Holzkohlenhochofen des Kontinents im Jahre 1890 war angeblich der Hochofen III zu Vayda-Hunyad von 110 cbm Inhalt mit 15000 Tonnen Jahresproduktion. Erze und Holzkohlen wurden von einer über 30 km langen Drahtseilbahn ihm zugeführt. Die drei Hochöfen des Werkes hatten geschlossene Brust und geschlossene Gicht. Die gröſste Eisenwerksgesellschaft Oberungarns war die Rima-Murány-Salgó-Tarjaner, deren bedeutendstes Hochofenwerk das Likérer Hüttenwerk bei Nijushtia im Gömörer Komitat war. 1885 wurde hier der erste Kokshochofen in Betrieb gesetzt. 1893 besaſs es drei Kokshochöfen, von denen jedoch nur zwei im Betriebe waren, die 50000 Tonnen Thomasroheisen erzeugten. Die Öfen waren je 18 m hoch, mit zwei Cowper- und drei Gjers-Winderhitzern versehen. Die Erze wurden mit einer 13,2 km langen Drahtseilbahn (System Bleichert) von den Eisensteinerzgruben zu Vaschhedi-Rákosch angefahren. Die Koks kamen von Mährisch-Ostrau und Fünfkirchen.

Wie die Hochofenindustrie, so entwickelte sich in den neunziger Jahren auch die Industrie des gefrischten oder schmiedbaren Eisens in Österreich, ja das rasche Aufblühen dieser war der Grund für das Wachstum jener. Dieses Aufblühen beschränkte sich indes auf die Entwickelung der Fluſseisenindustrie, während die Schweiſseisenindustrie, Frischen und Puddeln zurückgingen.

Die Einführung des Thomasprozesses hatte hierzu den Anstoſs gegeben; bald aber errang der basische Martinprozeſs solche Erfolge, daſs er sich immer mehr ausbreitete und nicht nur die alten Prozesse, sondern auch den Bessemerprozeſs zurückdrängte und endlich selbst dem Thomasprozeſs Konkurrenz machte. Teils in Verbindung mit den neuen Hochofenanlagen, teils unabhängig von denselben entstanden neue Fluſsstahlwerke, so z. B. in Böhmen die Poldihütte, das neue Stahlwerk zu Kladno, die Karl-Emilshütte in Königshof und die Rudolfshütte bei Teplitz.

Digitized by Google

Das Flufseisen verdrängte für viele Verwendungen das Schweifseisen. Die Massenbetriebe vernichteten die zahlreichen Einzelbetriebe, die früher für die Eisenindustrie Österreichs und ganz besonders der Alpenländer so charakteristisch waren. Die alten Hammerwerke, die die Thäler Obersteiermarks und Kärntens belebten, deren anheimelnde Lage im stillen Waldthal einen so besonderen Reiz als Zeugen menschlicher Thätigkeit in der Waldeinsamkeit gewährten, sie mufsten verschwinden vor den Riesenschornsteinen und den gewaltigen Maschinen, von denen eine mehr leistete als vordem alle Pferde und Wasserräder des gewerbreichen Thales; verlassen stehen jetzt die Betriebsstätten, die jahrhundertelang der Nachbarschaft lohnenden Verdienst gaben und der Landschaft den eigenartigen Charakter aufprägten. Dafs diese Idylle der Eisenindustrie für immer verschwunden ist, wird das Herz eines jeden, der diese einfache, anspruchslose und doch so thätige, selbstbewufste, in sich glückliche Zeit mit erlebt hat, mit Wehmut erfüllen. Und doch wird keiner, der die Entwickelung der Eisenindustrie kennt, diese schönen, aber für die heutigen Verhältnisse unmöglichen Zustände zurücksehnen.

Der Herdfrischprozefs mit Holzkohlen, der einst die Grundlage der ganzen österreichischen Eisenindustrie gebildet hatte, verschwand in dem neunten Jahrzehnt fast vollständig. Wo er noch fortbestand, suchte man ihn durch Brennmaterialersparung in überbauten Lancashire-Herden, die von Schweden überkommen waren, rentabel zu machen.

Der Puddelprozefs pafste in seiner ursprünglichen Form für Österreich, das an Steinkohlen so arm war, überhaupt nur insoweit, als sich die guten Braunkohlen dafür erfolgreich verwenden liefsen; und das war zur Erzielung gröfserer Produktion zuletzt nur noch durch Gasfeuerung möglich. In der Vervollkommnung der Gasgeneratoren und der Gas-, Puddel- und Schweifsöfen waren die Fortschritte des Schweifseisenbetriebes in dieser Zeit begründet.

Die fortschrittliche Thätigkeit in diesem Jahrzehnt richtete sich vornehmlich auf die Flufseisendarstellung. Der Thomasprozefs und der basische Martinprozefs waren die wichtigsten Errungenschaften dieser Zeit, die sich schliefslich untereinander den Rang streitig machten, bis der Herdflufsstahl Sieger blieb. Den gröfsten Erfolg errang hierbei die nördliche Gruppe mit ihren grofsartigen Werken. In Witkowitz war das erzeugte Roheisen an Phosphor zu reich für den Bessemerprozefs und zu arm für den Thomasprozefs. Deshalb wendete man ein kombiniertes Verfahren an, das darin bestand, dafs man das Roheisen erst in einer sauren Birne so weit verblies, bis das Silicium und

Digitized by Google

der gröfste Teil des Kohlenstoffs verbrannt waren, und dann das heifse Schmelzgut in einem basischen Martinofen entphosphorte und fertig machte.

In Böhmen bildete sich ebenfalls ein ganz eigenartiger Prozefs der Flufseisendarstellung aus. Das Roheisen, welches aus den Nučičer-Erzen erblasen wurde, war arm an Mangan, Silicium und Schwefel, also an den Bestandteilen, die durch ihre Verbrennung in der Birne dem Eisenbad am meisten Hitze geben. Infolgedessen führte man den Prozefs so, dafs man das bei hoher Windtemperatur erblasene halbierte Roheisen direkt in einen Martinofen mit saurem Herdfutter abstach, es hierin eine Stunde lang überhitzte, indem man gleichzeitig festes Thomasroheisen einschmolz und dieses dann in einem basischen Konverter entphosphorte und fertig machte. In dieser Weise wurde in Kladno und Königshof gearbeitet.

In Witkowitz war 1890 ein neues Martinwerk mit fünf Öfen zu je 20 Tonnen Einsatz, die mit einem Konverter zum Vorfrischen verbunden waren, in Betrieb genommen worden.

W. Schmiedhammer [1]) empfahl ein Vorfrischen in saurer Birne, Ausgiefsen des heifsen Metalls über den in einem basischen Martinofen eingesetzten Schrott und Fertigmachen mit möglichst wenig, aber stark basischer Schlacke.

Die Zahl der basischen Martinöfen hatte sich seit 1888 sehr vermehrt, während bei dem Windfrischprozefs, sowohl dem basischen wie dem sauren, ein Stillstand eingetreten war. Nach Fr. Kuppelwieser [2]) betrug 1890 die Zahl der Konverter in Österreich-Ungarn 37, die der Martinöfen 48, die Erzeugung von Konverterflufseisen 1888 288347 Tonnen, 1890 287681 Tonnen, wovon 138021 Tonnen Thomasflufseisen; die von Martinflufseisen betrug 1888 392813 Tonnen, 1890 499600 Tonnen, davon basisch 1888 104466 Tonnen, 1890 211919 Tonnen. Das basische Martinflufseisen wurde in Österreich gegenüber dem Thomaseisen sehr bevorzugt, welch letzteres von der Regierung weder für Eisenbahnschienen noch zum Brückenbau zugelassen wurde.

Die Fortschritte beschränken sich indessen nicht allein auf die Flufseisenerzeugung. Für die direkte Gewinnung schmiedbaren Eisens aus den Erzen bemühte sich 1890/91 J. v. Ehrenwerth [3]). Versuche mit seinem Verfahren wurden in dem Grazer Eisenwerk und zu Donawitz gemacht.

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1891, S. 546.
[2]) A. a. O. 1891, S. 1009.
[3]) Siehe Stahl und Eisen 1891, S. 299, 978.

Digitized by Google

In Ungarn wurde 1890 zu Diósgyör eine basische Martinflufsstahlhütte, deren Öfen mit Magnesit von Veitsch ausgestampft waren, in Betrieb genommen. Die Erzeugung von Eisen und Stahl der grofsen Gesellschaften Ungarns stellte sich im Jahre 1890 wie folgt:

Eisen- und Stahlwerke	Erzeugung M.-Ctr.	Konverter s = sauer b = basisch	Martinöfen	Puddelöfen	Arbeiter
Die königl. ungar. Staatsbahn in Diósgyör	499 216	2 s.	2	—	1613
Werke der Rima-Murány-Salgó-Tarjan E.-W.-G.	496 307	3 b.	—	11 (Gasdoppelöfen)	2615
Reschitza-Annina der k. k. Südbahngesellschaft	476 202	4 s.	6	10 (1 Tiegelofen)	?
Die k. ungar. Eisenwerke Zólyon-Brezo, Kudsir und Kabola-Pojana	250 258	—	1	10 (Doppelöfen)	2400
Die k. k. priv. Gesellschaft in Altsohl	59 616	—	1 (2)	—	440
Prihradnysche E.-W.-G. in Bikás	50 000	1 (kleiner)	—	—	?
Kronstädter Bergbau-H.-A.-G. . .	48 053	—	—	10 (6 Doppel-, 4 Frischfeuer)	407

Das basische Flufseisen sowohl vom Thomas-, wie vom Martinverfahren eignete sich sehr zur Blechfabrikation. Hierfür erfand Karl Wittgenstein ein sehr leistungsfähiges Feinblechwalzwerk, das Alfred Trappen in der Märkischen Maschinenbauanstalt in Wetter a. d. Ruhr für die Rudolfshütte im Jahre 1892 zuerst ausführte. Es bestand aus einem Trio zum Vorwalzen und aus fünf hintereinander liegenden Walzenpaaren mit zunehmender Geschwindigkeit zum Fertigwalzen. Für den Puddelbetrieb bewährten sich in Witkowitz die Rekuperatoren Pietzkas, bei denen der Gasstrom immer in derselben Richtung sich bewegte, der Herd aber drehbar war. Ein Hauptvorteil bestand in der unmittelbaren Verbindung der Gasgeneratoren mit dem Verbrennungsraume. Dieses Prinzip benutzte man auch bei den Stahlschmelzöfen in Witkowitz, wobei Saillers kontinuierlicher Gasgenerator in Anwendung kam. Springer-Puddelöfen mit umsteuerbarer Regenerativfeuerung kamen in Donawitz in Steiermark und auf der Hermannshütte in Böhmen zu Einführung.

1894 ging die berühmte, früher von Mayrsche Gufsstahlhütte von der Alpinen Montangesellschaft an die Gebrüder Böhler über,

Digitized by Google

welche es verstanden, ihren vorzüglichen Gufsstahlsorten einen grofsen Absatz, namentlich auch nach Deutschland zu verschaffen.

In Ungarn hatten sich die Flufsstahlwerke ebenfalls bedeutend weiter entwickelt, was die Landes-Millenniums-Ausstellung in Budapest 1896 [1]) zur Anschauung brachte. Das der Rima-Murány-Salgó-Tarjaner Eisenwerks-Aktiengesellschaft gehörige Ozder Eisen- und Stahlwerk besafs ein Martinwerk von 50000 Tonnen Leistungsfähigkeit. Es hatte vier Bathoöfen mit Gasfeuerung, die Krane wurden zum Teil elektrisch angetrieben. Ein Teil der Blöcke wurde auf dem Nádaster Blechwalzwerk zu Blechen ausgewalzt. Das Salgó-Tarjaner Stahlwerk bestand aus Thomashütte und Walzwerk. Die Thomashütte hatte drei 8-Tonnen-Konverter und eine Leistungsfähigkeit von 70000 Tonnen.

Das kgl. ungarische Staatswerk in Diósgyör, hauptsächlich für Eisenbahnbedarf gegründet, wurde 1890 unter Ferdinand Försters Leitung durch den Bau eines neuen Walzwerks, Vergröfserung des Martinwerkes und Einführung einer Stahlformgiefserei erweitert; letztere erzielte alsbald glänzende Erfolge [2]). Die Eisen- und Stahlhütte stand in engster Beziehung und unter gemeinschaftlicher Direktion mit der kgl. ungarischen Maschinenbauanstalt in Budapest, die in grofsartiger Weise für Lokomotivbau, Brückenbau und für die Herstellung landwirtschaftlicher Maschinen eingerichtet war.

Die Berg- und Hüttenwerke der Österreichisch-ungarischen Staatseisenbahngesellschaft in Reschitza, Oravicza und Annina gehörten zu den gröfsten industriellen Anlagen von Österreich-Ungarn und beschäftigten 1896 über 17000 Arbeiter.

Reschitza hatte bis 1893 einen Koks- und drei Holzkohlenöfen in Betrieb gehabt. In diesem Jahre wurden die Holzkohlenöfen ausgeblasen, abgetragen und durch zwei neue Kokshochöfen von je 17 m Höhe ersetzt. Hierdurch stieg die Jahreserzeugung auf 45000 Tonnen. Die Winderhitzung besorgten acht Whitwellapparate. Das Stahlwerk zu Reschitza bestand aus einer Bessemerhütte mit vier Konvertern für 8-Tonnen-Chargen und 30000 Tonnen Jahreserzeugung, einer Martinstahlhütte mit sechs Öfen von zusammen 42 Tonnen Einsatz und einer Jahreserzeugung von 30000 Tonnen Martinstahlblöcken. Dieses Werk wurde umgebaut und sollte auf eine Erzeugung von 45000 Tonnen vergröfsert werden. Eine dritte Abteilung bildete die Tiegelstahlhütte mit

---

[1]) Anton von Kerpely, Eisenhüttenwesen in Ungarn zur Zeit des Milleniums. — Im Auszug in Stahl und Eisen 1896, S. 932 f.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1896, S. 729.

Digitized by Google

1000 Tonnen Jahreserzeugung, eine vierte die Martinstahlgufshütte für 3000 bis 4000 Tonnen Stahlgufswaren. Mit dem Werke in Annina zusammen betrug die Produktion 1895 61000 Tonnen Stahl. Reschitza besafs ferner eine Puddelhütte und grofsartige Walzwerke. Das Plattenwalzwerk hatte eine Reversiermaschine von 3000 P.S. Die Erzeugung der Walzhütte betrug 1895 44179 Tonnen Flufsstahl- und 4073 Tonnen Schweifseisenfabrikate. Reschitza umfafste ferner eine grofse Maschinenfabrik und Brückenbauanstalt. Annina hatte zwei Hochöfen von 34000 Tonnen Jahreserzeugung, eine grofse Giefserei mit Emaillierwerkstätte und ein Puddel- und Walzwerk.

Die Hernádthaler ungarische Eisenindustrie-Gesellschaft begann 1896 die Erbauung einer Hochofenhütte zu Krompach für 80000 Tonnen Jahresleistung und einer Stahlhütte (Raffinierwerk) für 70000 Tonnen.

Im Gömörer Komitat stieg die Roheisenerzeugung, die 1870 nur 36200 Tonnen betragen hatte, im Jahre 1894 auf 178000 Tonnen, was etwa der Hälfte der ganzen ungarischen Produktion gleichkam.

Das Hochofenwerk zu Likér lieferte 1895 mit Karwiner und Ostrauer Koks 97083 Tonnen Roheisen. Das nach dieser Hütte bedeutendste Schmelzwerk der Grafschaft, die königliche Hütte in Ticzolz, erblies 1895 13616 Tonnen, davon 3924 Tonnen Holzkohlenroheisen. — Die reichen Eisenerzlager im Szepés-Komitat werden zum Teil von den Teschen-Trzynietzer Eisenwerken ausgebeutet. Die 80000 Tonnen im Jahre 1895 geförderten Erze wurden in 23 Schachtröstöfen an der Station Mariahutta-Zakánfalva an der Göllnitzthalbahn geröstet und das geröstete Erz dann mit der Kaschau-Oderberger Bahn nach Trzynietz befördert.

Eine andere grofse Bergbauanlage betrieb die Oberschlesische Eisenbahnbedarfs-Aktiengesellschaft. Ferner hatte die Witkowitzer Bergbau- und Eisenhüttengewerkschaft bedeutenden Bergbau im Kotterpatsker Thale, ebenso im Komitat Borsod.

Auf der Hütte zu Vajda-Hunyad, die 1894 mit ihren drei Holzkohlenhochöfen 40000 Tonnen Roheisen erzeugte, wurde 1895 ein Kokshochofen von 20 m Höhe angeblasen. Die Winderhitzung geschah durch drei Whitwellapparate, der Hochofen hatte eine Tagesproduktion von 100 Tonnen Bessemerroheisen.

Der Hochofen zu Kalán, der früher mit Koks und Steinkohlen betrieben wurde, ging 1895 mit Koks und Holzkohlen und erzeugte 10000 Tonnen im Jahre.

Im ganzen förderte Ungarn 1895 rund 1,2 Millionen Tonnen Eisenerze und schmolz 350000 Tonnen Roheisen und Hochofengufs.

Digitized by Google

Die rasche Entwickelung der Hochofenindustrie Österreich-Ungarns geschah im Dienste der grofsen Stahlwerke. Natürlich nahm auch die Walzwerkindustrie einen entsprechenden Aufschwung, der seinen Ausdruck in den mächtigen Walzenzugmaschinen fand. Die Flufsstahlverarbeitung erforderte schon an und für sich mehr Kraft und da man immer schwerere Blöcke zur Steigerung der Produktion verarbeitete, so mufsten auch die Walzwerke immer stärker werden. Von den neuen grofsen Werken[1]) hatte 1899 das Reversierwalzwerk in Witkowitz 2700, das Trägerwalzwerk in Kladno 2100 und in Witkowitz 4000, das Schienenwalzwerk in Graz 4000, das in Teplitz 6000 und die Blechstrecke daselbst 7000, die Drillingsmaschine bei dem Schienen- und Trägerwalzwerk in Donawitz endlich 9000 P.S. Das daselbst im Bau begriffene Blechwalzwerk soll sogar eine Drillingsmaschine von 9500 P.S. erhalten.

Die Massenproduktion und die Leistungsfähigkeit der Werke bewirkte, dafs die Eisenpreise trotz des höheren Schutzzolls immer mehr sanken. 1868 betrug der Preis für die Tonne noch 64,2 Gulden, 1878 49,5, 1888 37,40 und 1897 35,00 Gulden.

Österreich, das wegen seiner Armut an guter Steinkohle bis jetzt immer noch darauf angewiesen war, einen Teil seines Eisens aus dem Auslande zu beziehen, ist auf dem besten Wege, seinen Bedarf selbst zu decken.

Was die Umwandlung des Roheisens in Flufseisen betrifft, so hat sich in Österreich-Ungarn der Herdofenprozefs hierfür am besten bewährt und über den Konverterprozefs den Sieg errungen. Der saure Konverterprozefs, das eigentliche Bessemern, ist selbst in den Alpenländern, wo es in den siebziger Jahren zu hoher Bedeutung gelangt war, fast verschwunden vor dem Herdprozefs.

Von neuen Verbesserungen des letzteren ist der in Kladno eingeführte und weiter entwickelte Bertrand-Thiel-Prozefs zu nennen.

Betrachten wir zum Schlufs noch kurz den Eisenhandel Österreichs. An Eisenerzen hat Österreich-Ungarn immer mehr aus- als eingeführt. 1882 betrug die Ausfuhr aber nur 39775 Tonnen, die Einfuhr 11560 Tonnen, 1898 dagegen die Ausfuhr 302317 Tonnen, die Einfuhr 178235 Tonnen. Die Roheiseneinfuhr war dagegen immer gröfser als die Ausfuhr. 1882 betrug die Einfuhr 134760 Tonnen, die Ausfuhr 5331 Tonnen, 1898 die Einfuhr 173957 Tonnen, die Ausfuhr 15798 Tonnen. Bei den Eisenfabrikaten ist der Unterschied

[1]) Nach Schuster in Stahl und Eisen 1899, S. 676.

Digitized by Google

zwischen Ein- und Ausfuhr nicht so grofs, sie betrugen 1882 33528 Tonnen und 34018 Tonnen, 1898 54887 Tonnen und 45984 Tonnen. Österreich besitzt einige Spezialartikel, die vom Auslande immer verlangt werden, wie z. B. die steyrischen Sensen.

Dagegen ist die Einfuhr von Maschinen gröfser als die Ausfuhr, sie betrug 1882 40338 Tonnen gegen 12425 Tonnen, 1898 42519 Tonnen gegen 13125 Tonnen. An der Einfuhr ist Deutschland weitaus am stärksten beteiligt.

Zahlengeschichte.

Österreich (ohne Ungarn).

Mineralkohlenförderung in Tonnen.

	1870	1873	1890	1897	1898	1899	1900
Steinkohlen	3 758 623	4 486 914	8 931 065	10 492 770	10 947 522	11 455 238	10 992 544
Braunkohlen	3 448 187	5 772 906	15 329 056	20 458 093	21 083 360	21 751 794	21 539 917
Zusammen	7 206 810	10 259 820	24 260 121	30 950 863	32 030 882	33 207 032	32 532 461

Eisenerzförderung in Tonnen.

1874	906 485	1886	796 116	1897	1 613 876
1875	704 984	1889	1 115 254	1898	1 733 649
1876	554 966[1])	1890	1 361 548	1899	1 725 143
1878	666 150	1892	1 214 739	1900	1 894 458
1880	696 832	1896	1 448 615		

Eisenerz- und Roheisenförderung 1897 in Tonnen.

	Eisenerze	Roheisen			Prozente der Roheisenproduktion
		Frischroheisen	Gufsroheisen	Zusammen	
Böhmen	594 011	211 699	13 120	224 819	25,32
Niederösterreich	1 340	47 086	11 593	58 679	6,61
Salzburg	7 627	—	2 137	2 137	0,24
Mähren	5 618	209 274	74 887	284 161	32,00
Schlesien	—	36 975	16 828	53 803	6,06
Steiermark	928 446	220 408	2 208	222 616	25,07
Kärnten	62 502	27 592	1 588	29 180	3,29
Tirol	6 593	677	1 052	1 729	0,19
Krain	5 033	4 906	—	4 906	0,55
Triest (Stadtgebiet)	—	4 068	—	4 068	0,46
Galizien	2 705	—	1 847	1 847	0,21
Zusammen	1 613 875	762 685	125 260	887 945	100,00

[1]) Hierbei waren 5671 Arbeiter beschäftigt.

Digitized by Google

In Prozenten.

	1878	1888	1897
Südliche Provinzen (Alpenländer)	67,8	42,4	36,5
Nördliche Provinzen (Böhmen, Mähren, Schlesien, Galizien)	32,2	57,6	63,5
	100,0	100,0	100,0

Eisenerz- und Roheisenerzeugung 1898 in Tonnen.

	Eisenerze	Roheisen			Prozente der Roheisenproduktion
		Frischroheisen	Gufsroheisen	Zusammen	
Böhmen	633 278	243 386	15 463	258 849	27,02
Niederösterreich	?	52 138	7 833	59 971	6,26
Salzburg	7 648	—	1 609	1 609	0,17
Mähren	10 915	200 106	78 242	278 348	29,06
Schlesien	—	41 787	11 496	53 283	5,56
Steiermark	1 005 385	220 633	1 461	222 094	23,19
Kärnten	16 400	29 687	1 509	31 196	3,26
Tirol	6 412	990	769	1 759	0,18
Krain	?	2 246	—	2 246	0,23
Triest	—	46 794	—	46 794	4,89
Galizien	4	—	1 687	1 687	0,18
Gesamterzeugung	1 733 649	837 767	120 069	957 836	100,00

Erzeugung 1899 in Tonnen.

(Statistisches Jahrbuch des k. k. Ackerbau-Ministeriums.

	Steinkohlen	Eisenerze	Roheisen		
			Frischroheisen	Gufsroheisen	Zusammen
Böhmen	4 070 383	656 036	247 967	16 756	264 723
Niederösterreich	54 682	—	46 007	7 817	53 824
Salzburg	—	6 812	—	2 140	2 140
Mähren	1 613 669	7 526	204 053	72 131	276 184
Schlesien	4 805 709	—	33 281	20 508	53 789
Steiermark	41	998 877	255 087	645	255 732
Kärnten	—	47 779	25 908	1 118	27 026
Tirol	—	5 271	1 633	1 165	2 798
Krain	—	1 979	1 570	—	1 570
Triest (Stadtgebiet)	—	—	56 845	—	56 845
Galizien	910 652	863	—	1 744	1 744
Zusammen	11 455 139	1 725 143	872 351	124 034	996 385

Digitized by Google

Eisenerzeinfuhr 1899.

Aus Ungarn	325 224	Tonnen
„ Griechenland	72 643	„
„ Schweden	23 846	„
„ Bosnien	19 574	„
„ Spanien	19 574	„
„ Preufsen	14 021	„
„ Bayern	14 001	„
„ Rufsland	16 767	„
„ Asien	50 909 (?)	„
„ Afrika	2 757	„
Zusammen	559 316	Tonnen

im Werte von 10 656 785 Kronen.

Roheisenerzeugung in Tonnen.

Jahr	Frisch-roheisen	Giefserei-roheisen	Zu-sammen	Jahr	Frisch-roheisen	Giefserei-roheisen	Zu-sammen
1870	206 192	24 304	230 496	1886	427 898	57 415	485 313
1871	250 320	41 440	291 760	1887	445 513	66 265	511 778
1872	250 880	62 048	312 928	1888	516 819	69 303	586 122
1873	320 619	50 460	371 079	1889	555 508	61 504	617 012
1874	290 664	41 493	332 157	1890	594 714	91 559	686 273
1875	262 274	41 185	303 459	1891	517 988	99 157	617 145
1876	232 872	40 173	273 045	1892	530 055	100 735	630 790
1877	224 671	34 365	259 036	1893	555 062	108 283	663 345
1878	263 747	29 450	293 197	1894	620 065	122 307	742 372
1879	255 953	29 886	285 839	1895	660 550	117 961	778 511
1880	286 320	33 982	320 302	1896	693 188	123 778	816 966
1882	392 165	43 313	435 478	1897	762 685	125 260	887 945
1883	474 754	47 646	522 400	1898	837 766	120 069	957 835
1884	476 432	63 189	539 621	1899	872 351	124 034	996 385
1885	407 749	91 348	499 097	1900	879 131	121 074	1 000 105

Roheisenerzeugung in den einzelnen Kronländern in Tonnen.

Kronländer	1874	1875	1884	1886	1888	1890	1893
Böhmen	44 200	51 960	104 305	101 558	137 293	159 703	182 673
Niederösterreich	18 924	17 535	32 681	33 808	48 986	48 787	32 416
Salzburg	2 563	2 354	2 540	1 980	2 486	2 525	2 487
Mähren	50 054	33 688	130 782	138 274	153 762	197 921	209 740
Schlesien	19 334	20 502	45 532	45 854	44 395	48 663	49 491
Steiermark	123 146	117 770	156 384	108 336	149 149	148 731	138 256
Kärnten	59 873	47 005	52 875	45 010	40 297	48 367	35 680
Tirol	3 308	3 678	3 651	3 929	3 096	2 109	1 769
Krain	6 144	4 408	4 988	4 369	3 901	6 094	7 353
Galizien	2 573	3 820	5 884	2 165	2 756	3 373	3 481
Buckowina	2 038	1 739	—	—	—	—	—
Zusammen	322 157	303 459	539 622	485 313	586 121	666 273	663 346

Digitized by Google

Kronländer	1894	1895	1896	1897	1898	1899
Böhmen	211 327	204 515	210 095	224 819	258 849	264 723
Niederösterreich	32 069	55 754	39 873	58 679	59 971	53 824
Salzburg	2 361	2 281	2 252	2 137	1 609	2 140
Mähren	222 087	230 099	261 722	284 161	278 348	276 194
Schlesien	49 688	53 072	45 771	53 803	53 283	53 789
Steiermark	170 405	182 675	206 709	222 617	222 095	255 732
Kärnten	41 545	39 408	39 765	29 179	31 196	27 026
Tirol	2 980	1 051	429	1 729	1 758	2 798
Krain	7 426	7 152	8 400	4 906	2 247	1 570
Triest	—	—	—	4 068	46 794	56 845
Galizien	2 484	2 503	1 951	1 847	1 687	1 744
Zusammen	742 372	778 510	816 967	887 945	957 837	996 385

Roheisenerzeugung nach Sorten in den einzelnen Kronländern 1891 und 1892 genauer in Tonnen.

1891.

Kronländer	Eisenerze	Roheisen			Prozent
		Frischroheisen	Gießereiroheisen	Zusammen	
Böhmen	313 320	109 701	17 573	127 274	20,62
Niederösterreich	1 489	51 003	8 348	59 351	9,62
Salzburg	7 640	1 089	836	1 925	0,31
Mähren	21 635	134 062	58 564	192 626	31,21
Schlesien	5 348	37 322	5 182	42 504	6,89
Steiermark	761 204	131 624	2 363	133 987	21,71
Kärnten	98 712	45 362	1 567	42 929	7,61
Tirol	5 629	1 575	1 396	2 971	0,48
Krain	7 454	6 250	—	6 250	1,01
Galizien	8 817	—	3 328	3 328	0,54
Zusammen	1 231 248	517 988	99 157	617 145	100,00

1892.

Kronländer	Eisenerze	Roheisen			Prozent
		Frischroheisen	Gießereiroheisen	Zusammen	
Böhmen	320 787	127 248	17 686	144 934	22,98
Niederösterreich	100	33 005	1 154	34 159	5,48
Salzburg	7 906	1 197	1 225	2 422	0,38
Mähren	25 797	141 134	68 973	210 107	33,31
Schlesien	4 518	44 208	5 055	49 263	7,81
Steiermark	522 316	135 266	2 840	138 106	21,89
Kärnten	92 929	43 043	553	43 596	6,95
Tirol	3 757	733	212	935	0,15
Krain	7 210	4 229	—	4 229	0,67
Galizien	7 977	—	3 038	3 038	0,48
Zusammen	993 297	530 053	100 736	630 789	100,00

Gußwaren II. Schmelzung 1880: 73 717 Tonnen. 8199 Arbeiter.

Digitized by Google

Flußeisenerzeugung in Österreich durch Birnen- und Herdprozeß von 1863 an in Tonnen zu 1000 kg.

Jahr	Südliche Gruppe					Nördliche Gruppe						Zusammen	Insgesamt
	Birnenprozefs	Herdprozefs			Zusammen	Birnenprozefs			Herdprozefs				
	sauer	sauer	basisch	Summe		sauer	basisch	Summe	sauer	basisch	Summe		
1863	21	—	—	—	21	—	—	—	—	—	—	—	21
1864	270	—	—	—	270	—	—	—	—	—	—	—	270
1865	3 879	—	—	—	3 879	—	—	—	—	—	—	—	3 879
1866	7 996	—	—	—	7 996	611	—	611	—	—	—	611	8 607
1867	6 698	—	—	—	6 698	1 577	—	1 577	—	—	—	1 577	8 275
1868	8 258	—	—	—	8 258	2 712	—	2 712	—	—	—	2 712	10 970
1869	11 613	1 500	—	1 500	13 113	3 225	—	3 225	—	—	—	3 225	16 338
1870	18 684	3 500	—	3 500	22 184	3 178	—	3 178	—	—	—	3 178	25 362
1871	34 105	3 564	—	3 564	37 669	3 171	—	3 171	—	—	—	3 171	40 840
1872	53 923	8 302	—	8 302	62 225	3 800	—	3 800	—	—	—	3 800	66 025
1873	59 632	1 727	—	1 727	61 359	9 859	—	9 859	—	—	—	9 859	71 218
1874	59 765	3 463	—	3 463	63 228	14 634	—	14 634	—	—	—	14 634	77 862
1875	57 985	3 000	—	3 000	60 985	23 517	—	23 517	—	—	—	23 517	84 502
1876	49 595	12 628	—	12 628	62 223	28 546	—	28 546	—	—	—	28 546	90 769
1877	45 748	7 201	—	7 201	52 949	38 922	—	38 922	—	—	—	38 922	91 871
1878	47 989	15 439	—	15 439	63 428	45 489	—	45 489	—	—	—	45 489	108 917
1879	35 099	17 783	—	17 783	52 882	41 247	3 500	44 747	1914	—	1 914	46 661	99 543
1880	44 230	18 714	—	18 714	62 944	30 796	17 835	48 632	1767	—	1 767	50 399	113 343
1881	50 496	26 840	—	26 840	77 346	37 783	31 889	69 672	3006	—	3 006	72 678	150 024
1882	67 664	36 533	—	36 533	104 197	33 568	57 714	91 282	3207	—	3 207	94 489	198 686
1883	64 311	40 757	—	40 757	105 068	36 943	88 429	125 372	2840	—	2 840	128 212	233 280
1884	57 440	36 795	—	36 795	94 235	29 415	70 987	100 402	3214	—	3 214	103 616	197 851
1885	56 980	37 091	—	37 091	94 071	31 308	76 821	108 129	3930	—	3 930	112 079	206 150
1886	50 729	23 814	8 804	32 618	83 347	9 287	105 839	115 126	2047	2 400	4 447	119 573	202 920
1887	50 639	16 459	16 124	32 583	88 222	16 981	118 379	135 360	1850	13 507	15 357	150 717	238 939
1888	59 657	23 924	24 652	48 576	108 233	16 876	139 127	156 003	1648	26 310	27 958	183 961	258 950
1889	57 584	30 768	27 461	58 229	115 813	15 265	126 502	141 767	1353	50 055	51 408	193 175	308 988
1890	65 571	28 166	42 678	70 844	136 415	11 113	103 180	114 293	1038	91 130	92 168	206 461	342 876
1891	54 411	26 660	56 659	83 319	132 250	6 299	95 061	101 360	1140	93 834	94 974	196 334	328 584
1892	50 379	18 940	73 962	92 902	137 176	—	100 841	100 841	1210	106 989	108 199	209 040	346 216
1893	48 657	18 524	83 122	101 646	144 264	—	108 104	108 104	1270	120 772	122 042	230 146	431 032
1894	47 784	16 149	102 778	118 927	159 150	—	133 131	133 131	1580	152 056	153 636	286 768	445 918
1895	46 502	16 244	125 932	142 176	181 769	—	127 816	127 816	2332	178 815	181 147	308 963	490 732
1896	46 931	19 002	134 585	153 587	194 502	—	157 216	157 216	2585	222 388	224 973	382 189	576 691

Digitized by Google

Jahr	Windfrischprozefs			Martinprozefs			Zusammen		Insgesamt
	sauer	basisch	Summe	sauer	basisch	Summe	sauer	basisch	
1897	38 713	167 688	206 401	14 754	405 098	419 852	53 467	572 786	626 253
1898	41 963	184 650	226 613	15 952	480 125	496 077	57 915	664 775	722 690
1899	38 539	186 643	225 181	18 314	540 894	559 208	56 852	727 537	784 389
1900	18 214	182 809	201 023	23 196	557 110	580 306	41 410	739 919	781 329

Schweifseisen-Fabrikate 1876.

Stabeisen	78 046	Tonnen
Schienen	12 491	"
Bandagen und Schmiedstücke	3 491	"
Schienenzeug	3 016	"
Bleche und Platten	23 366	"
Weifs- und verzinntes Blech	1 288	"
Draht u. s. w. (berechnet)	32 274	"
Zusammen	152 972	Tonnen

Schweifseisen 1880.

140 Werke mit 30 335 P.S. und 16 625 Arbeitern

Eisen und Stahldraht	17 181	Tonnen
Eisen und Stahlblech	52 265	"
Eisen und Stahlschienen Tyres und Kleinmaterial	71 688	"

Ungarn.

Erzeugung in Tonnen.

	1870	1873	1897	1898	1899	Arbeiterzahl
Steinkohlen	537 153	684 275	1 072 549	1 239 499	1 238 855	7 992
Braunkohlen	611 982	949 979	3 863 311	4 206 694	4 293 584	11 883
Zusammen	1 149 135	1 634 254	4 935 860	5 446 193	5 532 439	19 875
Koks	—	—	7 218	8 190	10 336	—

Eisenerz-Förderung in Kilotonnen.

1875	398	1890	792	1899	1588
1880	446	1896	1270	1900	1666

Eisenerz-Förderung und Ausfuhr in Tonnen.

	Förderung	Ausfuhr
1896	1 269 677	391 662
1897	1 427 405	471 420
1898	1 607 472	499 785
1899	1 587 600	593 779
1900	1 666 363	700 790

Digitized by Google

Beteiligung der Bezirke an der Erzförderung in Tonnen.

	1897	1898	1899
Neusohl	3 260	3 785	4 150
Budapest	230 202	253 070	186 403
Nagybánya	11 128	8 987	8 761
Oravicza	162 982	175 197	135 793
Scepes-Igló	760 105	897 985	971 629
Zalatna	252 382	266 063	270 802
Agram	7 405	2 320	9 982

Beschäftigte Arbeiter.

Bersoder Bergbauverein	1379
Vajda Hunyad	1139
Kaláner	815
Staats-Eisenbahn-Gesellschaft	736
Rima-Murány-Salgó-Tarjaner	736
Gräfl. Andrássy Géza	430
Hernádthaler Ungar. Eisenb.-Ges.	716
Erzherzog Friedrich	980
Witkowitzer Eisenwerks-Ges.	827
Friedenshütte-Rostoken	455
Zusammen	8213

Roheisenerzeugung.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1823	9 985	1850	33 230	1877	128 593
1824	12 847	1851	43 378	1878	141 932
1825	12 699	1852	48 098	1879	118 321
1826	12 137	1853	56 339	1880	143 932
1827	11 974	1854	60 218	1881	164 000
1828	13 130	1855	62 708	1882	176 261
1829	15 211	1856	72 423	1883	176 456
1830	16 123	1857	80 368	1884	194 725
1831	15 039	1858	80 568	1885	200 000
1832	14 412	1859	97 214		(Schätzung)
1833	19 087	1860	86 964	1886	234 667
1834	17 261	1861	84 879	1887	192 753
1835	19 708	1862	98 352	1888	204 106
1836	23 221	1863	108 202	1889	238 801
1837	19 249	1864	116 661	1890	299 107
1838	18 181	1865	101 403	1891	304 701
1839	21 987	1866	106 720	1892	309 494
1840	21 929	1867	105 555	1893	323 064
1841	23 464	1868	112 475	1894	329 984
1842	27 687	1869	172 012	1895	343 665
1843	28 065	1870	124 383	1896	399 528
1844	27 836	1871	132 902	1897	419 900
1845	30 144	1872	146 857	1898	469 402
1846	31 606	1873	163 469	1899	471 268
1847	38 344	1874	176 456	1900	455 555
1848	24 000	1875	159 704		
1849	24 000	1876	127 379		

Digitized by Google

	1890	1892	1894	1896	1897	1898	1899
Frischroheisen . . .	285 102	296 752	312 148	384 345	402 503	448 621	451 637
Gießereiroheisen . .	14 005	12 742	17 836	15 183	17 397	20 781	19 631
Zusammen	299 107	309 494	329 984	399 528	419 900	469 402	471 268

Roheisenerzeugung der größten Eisenhütten-Gesellschaften.

		1890	1893	1896
Österreich-Ungar. Staatsbahngesellschaft	Annina	31 416	—	—
	Reschitza	35 082	—	—
	Bosgan	4 766	—	—
	Dognacska	4 101	—	—
	Zusammen	75 365	70 053	72 324
Rima-Murány-Salgó-Tárjan		60 945	76 890	105 582
Vajda-Hunyád (ärarisch)		39 309	44 658	82 821
Graf Andrássy		25 550	32 465	26 619
Theisholz (ärarisch)		12 802	15 167	13 490
Kronstädter Eisen- u. Hüttenverein, Puszta-Kalán		?	10 282	15 757

Roheisenerzeugung 1899 in Tonnen.

Berghauptmannschaften	Hochofenroheisen	Gießereiroheisen
Neusohl	1 024	587
Nagybánya	2 272	553
Oravicza	76 060	5 966
Scepes-Igló	259 688	9 029
Zalatna	107 575	3 496
Agram	5 018	—
Zusammen	451 637	19 631

Hiervon waren Hauptproduzenten:

Ärar	Diósgyör	86 414	
	Libetbánya	1 610	
	Tiszolcz	14 254	102 278
Rima-Murány-Salgó-Tárjan			115 712
Staatseisenbahn-Gesellschaft			74 156
Kaláner Gesellschaft	Ruszkicza	36 101	
	Puszta-Kalán	20 641	34 252
Graf Andrássy Géza			34 144
Heinzelmann			10 278
Sárkány-Concordia			12 078
Herzog Koburg	Vörösvagas	3 192	
	Sztrujena	7 339	10 531
Hernadthaler A.-G.			46 402

Digitized by Google

Bosnien und Herzegowina.

	1893	1896	1899	Hiervon das Eisenwerk Vareš	
Eisenerz	6874	23 213	67 085	67 024	
Gießereieisen	913	} 10 120	} 13 749	1 011	} 13 730
Frischroheisen	2743			12 719[1]	
Gußwaren	785	1 039	1 110	1 110	
Frischeisen	76	—	—	—	
Martiningots	—	3 265	10 080	—	
Walzeisen	—	5 418	9 939	—	

Erzeugung von Flußeisen und Stahl in M.-Tonnen. 1871 bis 1896.

	Windfrischprozeß			Herdprozeß			Zusammen
	sauer	basisch	Summe	sauer	basisch	Summe	
1871	6 860	—	6 860	—	—	—	6 860
1872	7 098	—	7 098	—	—	—	7 098
1873	9 041	—	9 041	—	—	—	9 041
1874	9 304	—	9 304	—	—	—	9 304
1875	13 203	—	13 203	—	—	—	13 203
1876	22 048	—	22 048	1 966	—	1 966	24 014
1877	17 559	—	17 559	6 687	—	6 687	24 246
1878	10 054	—	10 054	10 445	—	10 445	20 499
1879	10 856	—	10 856	14 489	—	14 489	25 345
1880	12 854	—	12 854	8 021	—	8 021	20 875
1881	28 430	—	28 430	9 907	—	9 907	38 337
1882	32 783	—	32 783	8 303	—	8 303	41 086
1883	40 300	—	40 300	16 044	—	16 044	56 344
1884	48 647	—	48 647	12 419	—	12 419	61 066
1885	61 269	—	61 269	11 384	—	11 384	72 653
1886	51 106	—	51 106	3 201	2 740	5 941	57 047
1887	47 163	—	47 163	4 199	13 891	18 090	65 253
1888	72 687	—	72 687	3 100	24 832	27 932	100 619
1889	60 152	14 914	75 066	3 800	28 658	32 458	107 524
1890	72 976	34 841	107 817	4 700	44 207	48 907	156 724
1891	57 475	41 262	98 737	525	52 709	53 234	151 971
1892	51 030	45 448	99 478	—	59 612	59 612	158 858
1893	68 493	51 313	119 806	—	69 421	69 421	189 227
1894	69 968	57 496	127 464	—	79 483	79 483	206 947
1895	80 579	65 518	146 097	—	100 809	100 809	246 906
1896	73 172	66 542	139 714	1 413	153 562	154 975	294 689

Jahr	Windfrischprozeß			Martinprozeß			Zusammen		Insgesamt
	sauer	basisch	Summe	sauer	basisch	Summe	sauer	basisch	
1897	66 567	65 778	132 345	3 529	167 436	170 965	70 096	233 214	303 310
1898	66 081	71 310	137 391	4 298	189 862	194 160	70 379	261 172	331 550
1899	41 894	62 136	104 030	2 410	226 195	228 605	44 304	288 331	332 635
1900	49 842	62 336	112 178	11 387	229 199	240 585	61 239	291 535	352 764

[1]) Meist an das Eisenwerk in Zenica abgeliefert.

Digitized by Google

Österreich-Ungarn (Gesamtmonarchie).

Mineralkohlen (Stein- und Braunkohlen) in Kilotonnen.

1870	8 356	1890	27 503	einschl. Torf.
1871	9 994	1895	30 448	
1873	11 894	1896	33 676	
1875	12 852	1897	35 939	
1880	14 800	1898	37 577	
1885	20 435 (einschl. Torf)	1899	38 740	

Eisenerze in Kilotonnen.

1875	1103	1897	3041
1880	1143	1898	3341
1890	2145	1899	3313
1896	2718		

Roheisenerzeugung in Tonnen.

Jahr	Österreich	Ungarn	Zusammen	auf Roheisen reduziert Einfuhr	auf Roheisen reduziert Ausfuhr	Verbrauch	Länge der Eisenbahnen in Kilometern
1871	291 736	132 902	424 638	459 938	30 995	833 581	12 375
1872	312 799	106 859	419 658	472 349	33 646	858 361	14 446
1873	371 079	163 469	534 548	378 618	37 909	875 257	16 225
1874	332 157	151 701	483 858	133 655	72 527	544 986	16 857
1875	303 449	151 768	455 217	110 701	82 461	483 457	16 950
1876	273 046	127 379	400 425	78 840	62 190	417 075	17 000
1877	259 036	129 194	388 230	87 395	77 582	398 043	17 410
1878	293 197	141 053	434 250	115 746	68 901	481 095	17 943
1879	285 839	118 321	401 160	110 905	68 066	446 999	18 204
1880	320 302	143 932	464 234	138 352	124 265	478 321	18 330
1881	379 640	164 000	543 640	191 124	82 425	652 339	18 505
1882	435 478	160 620	596 098	212 320	48 999	759 419	19 038
1883	522 400	178 637	701 037	132 493	5 556	827 974	20 598
1884	539 621	194 725	734 346	92 827	5 709	822 265	22 073
1885	499 097	200 000	699 097	49 250	9 650	738 697	22 613
1886	485 313	234 667	719 980	128 240	73 916	774 304	23 390
1887	511 778	192 753	704 531	104 670	84 697	724 504	24 432
1888 [1])	586 122	204 106	790 228	98 266	40 530	847 964	25 767
1889	617 012	238 801	855 813	124 356	52 011	928 158	26 587
1890	686 273	299 107	985 380	117 011	79 440	1 022 951	27 015
1891	607 845	304 701	912 546	59 710	10 335	961 021	28 066
1892	631 153	309 494	940 647	66 097	11 569	995 172	28 425
1893	659 628	323 064	982 692	75 622	12 461	1 065 853	29 160
1894	742 373	329 984	1 072 357	138 849	11 583	1 199 622	30 098
1895	759 407	343 665	1 103 072	175 400	9 186	1 268 687	30 880
1896	816 966	399 529	1 216 495	198 662	41 668	1 250 066	32 180
1897	887 945	419 900 [2])	1 287 474	211 934	50 535	1 448 873	33 668
1898	957 835	469 403	1 427 239	228 821	61 790	1 594 270	35 113
1899	996 385	471 268	1 467 653	161 958	108 557	1 521 054	36 275

[1]) Gufswaren II. Schmelzung 120 Kilotonnen.

[2]) 402 503.

Digitized by Google

Arbeiterzahl 1894: Eisenerzbergbau 4331, Eisenhütten 6102.

Zahl der Hochöfen 1894: 98 (davon 61 in Betrieb, 2648 Wochen); 1895: 97 (davon 61 in Betrieb, 2597 Wochen).

Mittelpreise pro M.-Centner 1894: Eisenerz 22,03 fl., Frischroheisen 3,48 fl., Gufsroheisen 4,21 fl.

Bosnien. Eisenerzeugung in Tonnen.

	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898
Eisenerze	—	—	6 874	9 271	12 739	23 213	37 095	58 533
Frischroheisen			9 131			10 120	15 606	15 337
Giefsereiroheisen	31 737	36 561	27 430	34 060	37 715	—	—	—
Gufswaren			7 845			1 039	882	942
Frischeisen	—	—	763	—	—	5 418 (Walzeisen)	7 815	8 669
Martinblöcke	—	—	—	—	—	3 265	6 988	8 511

Eisenwerk Vares 1898 1 Hochofen für 80 Tonnen pro Tag, 4 Cowper- statt 1 eisernen Winderhitzer.

Erzeugung von Schweifseisen in Kilotonnen.

1870	232	1881	250	1890	190
1873	260	1882	310 (252)	1892	191
1879	175	1883	244	1894	189
1880	221	1887	300	1896	19 (?)

Erzeugung von Flufseisen und Stahl in M.-Tonnen von 1871 bis 1896 (nach Kuppelwieser).

Jahr	Windfrischprozefs			Herdprozefs			Zusammen
	sauer	basisch	Summe	sauer	basisch	Summe	
1871	44 136	—	44 136	3 564	—	3 564	47 700
1872	64 821	—	64 821	8 302	—	8 302	73 123
1873	78 532	—	78 532	1 727	—	1 727	80 259
1874	83 703	—	83 703	3 463	—	3 463	87 166
1875	94 705	—	94 705	3 000	—	3 000	97 705
1876	100 189	—	100 189	14 594	—	14 594	114 783
1877	102 229	—	102 229	13 888	—	13 868	116 117
1878	105 532	—	105 522	25 884	—	25 884	129 416
1879	87 202	3 500	90 702	34 186	—	34 186	124 888
1880	87 881	17 835	105 716	28 502	—	28 502	134 218
1881	116 709	31 889	148 598	39 763	—	39 763	188 361
1882	134 015	57 714	191 729	48 043	—	48 043	239 772
1883	141 554	88 429	229 983	59 641	—	59 641	289 624
1884	135 502	70 987	206 489	52 428	—	52 428	258 917
1885	149 557	76 821	226 378	52 405	—	52 405	278 783
1886	111 122	105 839	216 961	29 062	13 944	43 006	259 967
1887	114 783	118 379	233 162	29 508	43 522	66 030	299 192
1888	149 220	139 127	288 347	28 672	75 794	104 466	392 813
1889	133 001	141 416	274 417	35 921	106 174	142 095	416 512
1890	149 660	138 021	287 681	33 904	178 015	211 919	499 600
1891	118 188	136 323	254 511	28 325	203 202	231 527	486 038
1892	104 409	146 289	250 698	20 150	240 563	260 713	511 411
1893	117 150	159 417	276 567	19 794	273 315	293 109	569 676
1894	117 752	190 628	308 380	17 729	334 317	352 046	660 426
1895	127 081	193 334	320 415	18 576	405 556	424 132	744 547
1896	120 103	223 758	343 861	23 000	513 835	536 835	880 696

Digitized by Google

Jahr	Windfrischprozeſs			Herdprozeſs			Zusammen
	sauer	basisch	Summe	sauer	basisch	Summe	
1897 . . .	105 280	233 466	338 746	18 283	579 524	597 807	936 553
1898 . . .	108 044	255 960	364 004	20 250	678 656	698 906	1 062 910
1899 . . .	80 432	248 779	329 211	20 724	777 169	797 893	1 127 104
1900 . . .	68 056	245 145	313 201	34 583	797 870	832 453	1 145 654

Einfuhr und Ausfuhr in Tonnen (nach Rentzsch).

		1882	1883	1888	1889	1890
Eisenerze	Einfuhr	11 560	17 732	37 153	46 492	48 730
	Ausfuhr	39 775	34 991	38 729	91 627	149 918
Roheisen, Alteisen, Luppeneisen, Ingots	Einfuhr	134 760	181 502	68 483	95 127	81 428
	Ausfuhr	5 331	7 623	9 331	8 714	22 070
Fabrikate	Einfuhr	33 528	47 408	25 476	21 922	26 686
	Ausfuhr	34 018	35 368	32 473	32 473	38 245
Maschinen u. Eisenbahnfahrzeuge	Einfuhr	40 338	29 979	22 173	28 054	29 259
	Ausfuhr	12 425	14 156	8 092	8 944	9 213

		1891	1892	1893	1894	1895
Eisenerze	Einfuhr	68 121	71 679	73 248	88 212	117 600
	Ausfuhr	88 059	108 120	106 259	144 309	165 402
Roheisen, Alteisen, Luppeneisen, Ingots	Einfuhr	59 655	67 953	75 832	134 072	175 411
	Ausfuhr	10 335	11 570	12 461	11 584	9 785
Fabrikate	Einfuhr	29 686	34 192	45 948	44 471	54 429
	Ausfuhr	35 110	29 433	33 201	31 868	28 881
Maschinen u. Eisenbahnfahrzeuge	Einfuhr	28 914	34 264	35 514	43 739	43 543
	Ausfuhr	9 084	8 216	8 907	10 292	8 585

		1896	1897	1898	1899	1900
Eisenerze	Einfuhr	107 018	134 778	178 235	212 403	233 000
	Ausfuhr	254 390	247 856	302 317	326 951	263 000
Roheisen, Alteisen, Luppeneisen, Ingots	Einfuhr	148 591[1])	164 435	173 957	126 370	73 000
	Ausfuhr	11 092[1])	12 084	15 798	27 737	24 000
Fabrikate	Einfuhr	36 926[1])	47 526	54 887	35 559	36 000
	Ausfuhr	34 356[1])	38 441	45 984	80 239	120 000
Maschinen u. Eisenbahnfahrzeuge	Einfuhr	40 681	37 956	42 519	44 168	49 000
	Ausfuhr	7 606	10 260	13 125	17 222	18 000

Ein- u. Ausfuhr im prozentualen Verhältnis zur Produktion.

	1899	1900
Roheisen: Produktion in Kilotonnen	1427	1475
Einfuhr in Prozenten der Produktion	7,1	4,9
Ausfuhr in Prozenten der Produktion	1,1	1,6
Eisen- u. Stahlfabrikate: Produktion in Kilotonnen .	935	989
Einfuhr in Prozenten der Produktion	3,9	3,6
Ausfuhr in Prozenten der Produktion	9,5	12,1

[1]) Zu niedrig; in Summa angegeben mit 198 662 Einfuhr und 41 668 Ausfuhr.

Digitized by Google

Ein- und Ausfuhr der wichtigsten Eisen- und Stahlwaren in Tonnen.

	1888		1891		1894		1897		1899			
									Einfuhr		Ausfuhr	
	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr	im ganzen	aus Deutschland	im ganzen	aus Deutschland
Frischeisen			4889	7395	8321	7687	9441	7740	3244	502	13586	362
Giefsereieisen	62820	6336	35854	999	97478	1330	127345	435	92144	16831	9399	494
Ferromangan und Spiegeleisen			460	625	1377	953	6623	1834	8147	2558	714	77
Gufsbruch und Schrott	4180	2833	14908	602	24360	1322	19078	508	21656	14217	1495	1360
Ingots und Luppen	1483	162	3473	347	2536	292	1640	899	1167	260	7532	656
Eisen und Stahl in Stäben	8500	10849	6056	7468	15067	9401	10297	14064	6640	4296	35887	11156
Eisenbahnschienen	500	725	705	253	101	16	175	805	178	140	4438	22
Grobe Bleche, Platten	2335	1887	2704	1244	4743	462	3153	2065	1402	788	6520	178
Feine Bleche unter 1 mm			213	545	369	120	396	193	187	166	541	15
Bleche und Platten, verzinnt, verkupfert u. s. w.	679	150	855	304	1597	173	1784	220	1067	257	318	48
Draht, dicker	797	668	823	195	1741	392	1513	115	248	232	—	—
Draht, dünner, unter 5 mm			226	467	134	320	318	563	448	333	751	604
Draht, verzinnt u. s. w.	96	49	145	87	268	29	243	36	290	272	189	46
Eisengufs	1919	2153	2581	4117	3129	2367	8001	2287	4514	3245	2901	340
Achsen, roh	3449	5764	192	45	580	54	85	51	77	77	297	—
Radkränze			1753	—	1185	16	1754	9	1338	1338	3	—
Schweifseisenröhren	1502	237	1067	443	1300	162	1386	601	2025	1684	4132	2147
Sensen			16	3014	24	4180	26	3307	27	—	4083	186
Nägel	245	5159	121	834	205	662	207	1189	177	106	1719	136
Drahtstifte			69	667	42	1065	61	1379	291	274	3030	—
Waren aus Schwarzblech	854	235	351	323	1314	366	615	191	587	532	257	65
Eisenbahnräder	383	11	1413	33	533	41	181	16	184	140	73	62
Dampfkessel	324	69	157	—	392	137	986	365	568	378	706	—
Andere schmiedeeiserne Kessel	301	44	157	153	206	120	713	190	674	590	282	146
Geschirr von Eisen- und Stahlblech	6	1241	142	2363	22	2886	51	2619	65	62	899	125
Polierte Eisen- und Stahlwaren	445	1438	1291	38	814	1075	995	884	1032	860	1161	106
Handfeuerwaffen	31	287	38	1171	42	114	48	215	—	47	15	159
Messerschmiedewaren	111	50	155	104	160	142	159	145	179	164	168	51

Digitized by Google

Ein- und Ausfuhr 1899 in Tonnen.

	Einfuhr		Ausfuhr	
	im ganzen	aus Deutschland	im ganzen	aus Deutschland
Steinkohlen	5 297 330	5 110 508	879 456	596 497
Braunkohlen	19 534	15 511	8 662 658	8 630 390
Eisenerze	212 412	41 237	326 834	326 751
Maschinen und Apparate	44 169	25 888	17 222	2 884

Ein- und Ausfuhr 1898 nach Ländern in Prozenten.

	Einfuhr von	Ausfuhr nach
Deutschland	57	20
Grofsbritannien	35	—
Freihafen Triest	4	13
Italien	3	17
Serbien	—	14
Rumänien	—	10
Rufsland und Freihafen Fiume	—	7
Türkei	—	2
Frankreich und Schweiz	—	1

Eisenverbrauch in Kilotonnen (nach Rentzsch).

	1890	1895	1898	1899	1900
Einwohnerzahl in Millionen	41,9	43,8	46,0	47,0	47,0
1. Hochofenproduktion	946	1025	1350	1427	1475
2. Einfuhr:					
a) Roheisen aller Art, altes Brucheisen	81	175	174	126	91
b) Materialeisen und Stahl, grobe Eisen- und Stahlwaren, einschl. Maschinen aus Eisen	56	98	97	80	85
Hierauf Zuschlag zur Reduktion auf Roheisen $33^1/_3$ Prozent	19	33	32	27	28
Zusammen Einfuhr	156	306	303	233	204
Insgesamt Produktion und Einfuhr	1102	1331	1653	1660	1679
3. Ausfuhr:					
a) Roheisen aller Art, altes Brucheisen	22	10	16	28	38
b) Materialeisen und Stahl, grobe Eisen- und Stahlwaren, einschl. Maschinen aus Eisen	47	36	59	97	138
Zuschlag $33^1/_3$ Prozent	16	12	20	32	46
Zusammen Ausfuhr	85	58	95	157	222
Einheimischer Verbrauch (1 + 2 — 3)	1017	1273	1558	1503	1457
Pro Kopf Kilo	24,3	29,1	33,9	32,0	31,0
Eigene Produktion pro Kopf Kilo	22,6	23,4	29,4	30,4	31,4

Digitized by Google

Einfuhrzölle in Gulden ö. W. pro 100 kg.

Periode	Roh- und Brucheisen	Luppen und Ingots	Stabeisen	Bleche und Draht	Eisenwaren
1868 bis 1882	0,50	1,50	2,50	4	4 bis 30
1882 „ 1892	0,80	1,60	2,75	4 bis 5	4 „ 50
nach 1892	0,65	1,50	2,50	4 „ 6,5	4 „ 50

Schweden.

Die Eisenindustrie Schwedens zeigt seit 1870 eine rege Entfaltung auf ihrer natürlichen Grundlage. Diese hat durch den Reichtum an vorzüglichen Erzen und den Mangel an Steinkohlen viele Ähnlichkeit mit derjenigen der Alpenländer Österreichs, dennoch war die Entwickelung seit 1870 in mancher Beziehung eine abweichende.

Während man in Österreich in ausgedehnter Weise Dampfbetrieb und in Verbindung damit eine Konzentration der Betriebe und Massenerzeugung einführte, blieb man in Schweden bei der Ausnutzung der zahlreichen Wassergefälle, welche die Kraft für viele, aber nicht sehr umfangreiche Eisenwerke lieferten. Das Hauptbestreben war nach wie vor auf Qualität gerichtet, was durch das teure Brennmaterial, die Holzkohlen, die vorzüglichen Erze und die Anforderungen des Handels geboten war. Hierfür waren weniger umfangreiche Betriebe geeigneter als Massenbetriebe. Auch in Schweden fanden die neuen Erfindungen auf dem Gebiete der Fluſseisenerzeugung Eingang und Verbreitung, aber sie verdrängten die alten Betriebe doch nicht so rasch und so energisch wie in anderen Ländern. Der Bessemerprozeſs, der durch die Bemühungen des am 12. Mai 1900 verstorbenen Göran Frederik Göransson 1858 seinen ersten durchschlagenden Erfolg erzielt hatte, entwickelte sich in den siebziger Jahren in einer Anzahl beschränkter Einzelbetriebe, ohne die Schweiſseisenfabrikation in Frischherden einzuschränken. Der Bessemerstahl war ein neues Produkt, das zu den alten hinzukam und mehr die Einfuhr ausländischen Stahls als die eigene Erzeugung beschränkte. Auch die Einführung der Martinstahlerzeugung übte zunächst einen solchen Einfluſs nicht aus, weil man auch hierbei zunächst ein hartes Produkt, einen billigen Werkzeugstahl darstellte; erst nach der Einführung des basischen Verfahrens, welches ein billigeres weiches Eisen lieferte, machte sich seit 1891 eine nachteilige Wirkung auf die Erzeugung von Herdfrischeisen bemerkbar.

Digitized by Google

Eisenerzeugung und Eisenausfuhr haben seit 1870 merklich zugenommen; am meisten ist aber die Förderung und Ausfuhr von Eisenerzen gewachsen. Durch die Erschliefsung der riesigen Erzfelder Nordschwedens, besonders der von Gellivaara, Luossavaara und Kirunavaara hat das Nationalvermögen einen grofsen Zuwachs und der Ausfuhrhandel mit Eisenerzen, der früher nur eine untergeordnete Rolle spielte, eine aufserordentliche Steigerung erfahren. 1871 betrug die Förderung von Bergerzen 646 662 Tonnen, von Seeerzen 15 758 Tonnen, 1898 von Bergerzen 2 302 546 Tonnen, von Seeerzen nur noch 368 Tonnen. Die Gewinnung von Seeerzen hatte demnach fast aufgehört, während die von Bergerzen sich um mehr als das 3½fache gesteigert hatte, die rascheste Zunahme fällt in die Jahre von 1891 bis 1894 durch die umfassende Ausbeutung der Gellivaaraerzlager.

Die Erze Nordschwedens sind sehr phosphorreich, deshalb blieben sie früher wie die von Grängesberg in der Provinz Kopparberg wenig beachtet; seitdem aber durch die Einführung des Thomasverfahrens phosphorreiche Erze Verwendung fanden, wurden diese reichen Magneterze Schwedens gesucht und stiegen im Wert.

Während die Eisenerzgewinnung in Lappmarken und Norbotten Anfang der siebziger Jahre nur ganz unbedeutend war, übertraf 1898 die Förderung dieser Provinzen die aller anderen.

1897 wurden die Eisenerzflächen Schwedens auf 1 544 000 qm angegeben, von denen 928 544 qm dem Betrieb erschlossen waren; Hiervon entfielen:

auf Gellivaara	200 000 qm	mit	623 110	Tonnen	Förderung
„ Luossavaara . . .	54 000 „	„	1 118	„	„
„ Kirunavaara	376 000 „	„	3 570	„	„
„ Grängesberg	90 000 „	„	652 977	„	„
Zusammen	720 000 qm	mit	1 280 775	Tonnen	Förderung
auf das mittlere Schweden	208 544 qm	mit	805 344	Tonnen	Förderung.

1886 betrug die Erzausfuhr Schwedens nur 19 288 Tonnen, 1898 1 150 695 Tonnen, hiervon ging das meiste nach Deutschland. Die oberschlesischen Werke hatten schon Ende der achtziger Jahre, Westfalen und Rheinland seit Anfang der neunziger Jahre grofse Mengen schwedischer phosphorhaltiger Magneteisensteine bezogen. Es betrug

	1895 Tonnen	1896 Tonnen	1899 Tonnen
die Eisenerzförderung	2 017 136	2 586 703	2 436 200
die Ausfuhr	799 002	1 150 695	1 627 908
Hiervon nach Deutschland	613 920	787 581	1 476 743

Digitized by Google

Die Roheisenerzeugung Schwedens hat seit 1870 eine beträchtliche Steigerung erfahren. Sie wuchs von 1871 bis 1898 von 299081 auf 523960 Tonnen, dazu kamen 1871 5792, 1898 7806 Tonnen Hochofenguſs. Die Zahl der Hochöfen nahm ab, ihre Leistungsfähigkeit nahm zu. Durch Einführung der Winderhitzung und bessere Gebläse war die Produktion der schwedischen Hochöfen schon in den vorausgegangenen Jahrzehnten beträchtlich gesteigert worden. 1833, vor Einführung der Winderhitzung war die durchschnittliche Tagesleistung eines Hochofens nur 2,78 Tonnen, 1874 war sie auf 9,85 Tonnen gestiegen. Durch weitere Verbesserungen in der gleichen Richtung erhöhte sich die durchschnittliche Tageserzeugung bis 1898 auf 13,35 Tonnen Roheisen. Die gröſste Leistung hatte die Hütte zu Domnarfvet mit 35,81 Tonnen, die kleinste Jönköping mit 5,61 Tonnen.

Auch diese gröſste Leistung eines schwedischen Holzkohlenhochofens erscheint klein im Verhältnis zu der moderner Kokshochöfen, besonders der amerikanischen. Die Zahl der betriebenen Hochöfen war in der Zeit von 1874 bis 1898 von 217 auf 143 gesunken. Dabei war eine merkliche Verschiebung in der Roheisenerzeugung der einzelnen Provinzen eingetreten. Von den drei Provinzen, welche die gröſste Produktion hatten, erzeugte 1874 Örebro 29,3, Kopparberg 19,8 und Gefleborg 13,8 Prozent, 1898 dagegen Kopparberg 26,7, Örebro 25,8 und Gefleborg 13,5 Prozent der Gesamtproduktion.

Die Schweiſseisenerzeugung geschah nach wie vor fast ausschlieſslich in Frischherden mit Holzkohlen. Der Puddelofenbetrieb konnte trotz der verbesserten Gasfeuerungen nicht aufkommen, und die Zahl der Puddelöfen betrug seit 1888 ständig nur vier. Das beste Dannemoraeisen wurde in den alten Wallonschmieden gemacht, an denen man zähe festhielt. Die Zahl der Franche-Comté-Herde nahm dagegen seit Ende der achtziger Jahre ab, 1888 zählte man noch 95, 1898 nur noch 17. Auch die Zahl der Lancashireherde, die am zahlreichsten waren und den gröſsten Teil des schwedischen Stangeneisens lieferten, nahm ab, aber doch nur insoweit, als sich ihre Leistungsfähigkeit durch Verbesserungen der Konstruktion und des Betriebes steigerte.

1888 wurden in 402 Lancashireherden 182380 Tonnen, 1898 in 293 184356 Tonnen Frischeisen erzeugt. 1882 waren in 266 Werken 773 Herde und Öfen in Betrieb, 1898 in 126 Werken 336, oder zuzüglich 16 Schrottherden 352. Nachstehende Zusammenstellung zeigt diese Veränderungen von 1888 bis 1898.

Digitized by Google

Art der Frischfeuer	1888		1898	
	In Betrieb	Erzeugung Tonnen	In Betrieb	Erzeugung Tonnen
Wallonschmiedeherde . . .	26	5 435	22	12 205
Franche-Comté-Herde . . .	95	11 636	17	
Lancashireherde	402	182 380	293	184 356
Puddelöfen	4	659	4	2 362
	527	200 110	336	198 923

Obgleich die Bessemerstahlbereitung von allen Ländern aufser England zuerst in Schweden erfolgreich durchgeführt wurde, obgleich der Siemens-Martin-Prozefs bereits im Jahre 1868 zur Einführung gelangt war, entwickelte sich die Flufseisenerzeugung nur langsam. Der Bessemerprozefs wurde in kleinen, feststehenden Öfen ausgeführt. 1870 erzeugten in Schweden neun solcher Öfen 6640 Tonnen Bessemerstahl, 1875 war die Anzahl der Konverter auf 18, die Produktion auf 19 397 Tonnen gestiegen.

Die Martinstahlerzeugung war in den siebziger Jahren eine recht bescheidene, sie betrug 1875 3417½ Tonnen. Die ganze Flufseisenerzeugung in diesem Jahre war 21 385 Tonnen. 1880 wurden 30 007 Tonnen Konverterstahl, 7716 Tonnen Herdflufsstahl und 1551 Tonnen Tiegelstahl, zusammen 39 274 Tonnen Flufsmetall, gegen 216 876 Tonnen Schweifseisen erzeugt. In den achtziger Jahren nahm sowohl die Bessemer- als auch die Martinstahlbereitung zu, blieb aber im Jahre 1890 noch bedeutend hinter der Schweifseisenerzeugung zurück. Es wurden in diesem Jahre erzeugt: Konverterstahl 94 247 Tonnen, Herdflufsstahl 72 985 Tonnen, Tiegelstahl 646 Tonnen, zusammen 167 878 Tonnen gegen 225 632 Tonnen Schweifseisen.

Bei der Bessemerstahlfabrikation waren inzwischen bewegliche Konverter, doch nur höchstens zu 5 bis 6 Tonnen eingeführt worden. Bei den Martinöfen war man zu Öfen von gröfserem Fassungsraum und zu basischer Herdauskleidung übergegangen. Besonders durch die Einführung des basischen Verfahrens stieg die Flufseisenproduktion; aber erst seit 1895 übertrifft sie die des Schweifseisens.

1895 wurden 97 294 Tonnen Konverter- und 96 475 Tonnen Herdflufseisen, zusammen 193 769 Tonnen Flufseisen gegen 188 726 Tonnen Schweifseisen hergestellt.

In dem folgenden Jahre 1896 überflügelte das Herdflufseisen mit 142 301 Tonnen Erzeugung das Bessemereisen, obgleich dieses damals

Digitized by Google

mit 114 120 Tonnen seinen Höchststand erreicht hatte. 1898 wurden 262 960 Tonnen Flufsmetall und 198 923 Tonnen Schweifseisen dargestellt. Von dem Flufseisen waren 102 254 Tonnen im Konverter und 160 706 Tonnen im Flammofen erzeugt. Von dem Konvertereisen waren 29 194 Tonnen durch das basische Verfahren im Thomaskonverter erblasen, während von dem Herdflufseisen 55 049 Tonnen auf basischem Herd bereitet waren. Das Verhältnis des sauren zum basischen Flufseisen war demnach 1898 178 717 Tonnen zu 84 243 Tonnen. Die Stahlgufswarenerzeugung aus dem Martinofen betrug 4560 Tonnen.

Die Fortschritte der schwedischen Eisenindustrie waren der Intelligenz seiner Metallurgen und dem einmütigen Zusammenwirken von Staatsregierung und Industrie, die in der 1869 nach Stockholm verlegten Bergakademie, in dem Jern-Kontor und in dem Hüttenverband (Bruks-Societät) ihre wichtigsten Vereinigungspunkte fanden, zu verdanken.

Wie seit Jahrhunderten, so besafs auch in dieser Periode Schweden eine grofse Anzahl hochgebildeter, vortrefflicher Metallurgen, welche die Träger des Fortschritts waren. Wir nennen: Rich. Åkerman, Knut Styffe († 3. Februar 1898), L. Rinman, Victor Eggertz († 17. August 1889), Ullgren, A. Tamm, J. Wiborgh, E. G. Odelstjerna, J. L. Sebenius, C. G. Sarnström, Caspersson, H. Tholander, Troilus u. a. m. Dafs die hervorragenden Metallurgen John Gjers und Sandberg in England Schweden waren, wurde bereits früher erwähnt.

Versuchen wir es nun, einen kurzen Überblick der Fortschritte des schwedischen Eisenhüttenwesens im einzelnen in chronologischer Ordnung zu gewinnen.

Der Grundsatz, welcher die schwedische Eisenindustrie Anfang der siebziger Jahre wie in der Folge leitete, war: nicht Massenerzeugung, sondern beste Qualität. Dementsprechend behandelte man den Bessemerprozefs und das neu eingeführte Herdschmelzverfahren. Bei dem Bessemerprozefs wurde dies durch das vorzügliche Holzkohlenroheisen, den Kleinbetrieb und sehr gewissenhafte Kontrollproben erreicht. Nach C. Westmans Angabe (1871) gab der hierdurch erzielte Bessemerstahl einen ebenso guten Tiegelgufsstahl als der Brennstahl.

Die Zahl der Eisenwerke war damals noch eine sehr grofse, und mancher Hochofen wurde nur noch der Holzverwertung wegen betrieben. Durch die Konkurrenz der kleinen Werke und durch die

75*

Digitized by Google

Abhängigkeit von den Wasserkräften wurde die Anlage grofser Werke erschwert. Es gab damals eigentlich nur eine grofse Anlage, die zu Motala, die auch die einzigen Puddelöfen Schwedens besafs, und die damals unter der Leitung von Kapitän Carlsund gutes Kesselblech aus Bessemereisen machte.

Der Martinbetrieb war 1868 in sehr bescheidenem Mafsstabe zu Kilafors eingeführt worden; auch der 1869 von J. L. Sebenius in Munkfors erbaute Ofen mit Gasfeuerung nach Lundins System war nur für einen Einsatz von 1 Tonne konstruiert.

Zu Losjöfors [1]) hatte man 1870 einen Ofen für 30 Centner = 1275 kg Einsatz nach Lundins System mit Gasfeuerung und Kondensation erbaut, bei dem ein kräftiger Zug durch einen Ventilator bewirkt wurde. Dies war nötig, weil das strengflüssige Roheisen von Persberg eine gröfsere Hitze verlangte als das zu Munkfors verwendete Tabergeisen. Der erzielte Martinstahl wurde in kleine Blöcke gegossen, die dann unter dem Hammer ausgereckt wurden. Spiegeleisen zum Nachsatz beim Bessemern und im Flammofen, obgleich nur wenig verwendet, wurde aus Knebelit und manganhaltigem Eisengranat erblasen.

Im Jahre 1872 entstanden neue Holzkohlenhochöfen und Bessemerwerke bei Nya Kopparsberg, zu Bjorneberg, Stjernfors und Nyahammer. Larsen erfand einen Gasanwärmer für Bessemeröfen, der mit Hochofengasen gespeist wurde und der sich zu Barka in Darne und auf Swartnas Eisenwerk in Stora Kopparberg bewährte.

Das gute Kanoneneisen von Finspång und Ankarsrum wurde aus Magnetit mit Holzkohlen erblasen. Eckman gofs 1873 zu Finspång sehr feste Geschosse. Die Geschütze gofs man der Festigkeit wegen nicht mehr aus dem Hochofen, sondern aus dem Flammofen, worin man das Roheisen umschmolz.

1873 wurden mancherlei Verbesserungen eingeführt. Ein wichtiges Ereignis war die Gründung einer englischen Gesellschaft zur Ausbeutung der grofsen Eisenerzlager zu Gellivara in Nordschweden.

Fillafers Gasröstöfen kamen zur Einführung. Zu Schifshyttan und Finbo bestand ein regelmäfsiger Hochofenbetrieb auf Spiegeleisen.

Bei dem Frischen kamen die verbesserten Lancashireherde immer mehr in Anwendung. Zum Schweifsen wurden Eckmans Holzkohlengas-Schweifsöfen oder Siemens-Schweifsöfen mit Lundins Kondensation angewendet, so z. B. in Munkfors und Tschilafors. Das

---

[1]) Af Uhr in Jern Kontor. Annal. 1871.

Digitized by Google

schwedische Bessemern mit manganreichem, aber siliciumarmem Roheisen wurde zu Fagersta erfolgreich betrieben. Auf dem Svartnäs-Bessemerwerk wurde eine Wochenproduktion von 46,8 Tonnen in einem kleinen, mit einem guten Gebläse versehenen Konverter erzielt. A. Tamm veröffentlichte chemische Untersuchungen der Bessemergase. Der Martinprozefs fand langsam Verbreitung.

Der Uchatiusprozefs wurde noch zu Wykmanshyttan in vier Zugschmelzöfen zu je vier Tiegel, die mit Koks geheizt wurden, betrieben.

Im Jahre 1873 vereinigte die grofse Stora-Kopparbergs-Bergslags-Aktiengesellschaft ihren in 19 Hütten zersplitterten Eisen- und Stahlbetrieb in einer grofsen Neuanlage, dem Domnarfvets-Järnverk, welches das gröfste Holzkohlenhochofenwerk der Welt wurde.

1874 führte man zu Långsbanshytta einen von Eckman konstruierten Winderhitzer, einen Gjersapparat mit abgeändertem Zug, ein. Wittenström erfand einen Regenerativ-Schweifsofen mit darüberliegendem Regenerator. Zu Motala stellte man Versuche mit Danks rotierenden Puddelöfen an. Hier standen 1875 sechs einfache und drei Doppelpuddelöfen, die mit englischen Steinkohlen geheizt wurden, in Betrieb. Von den fünf Schweifsöfen waren zwei Regenerativ- und drei Wittenströmsche Gasöfen. Man puddelte auch Stahl für Kanonenringe.

In Norwegen hatte die Eisenerzeugung seit 1860 einen beträchtlichen Rückgang erfahren.

Zu Motala hatte man auch Torfgasgeneratoren, deren Gase Rinman 1877 chemisch untersuchte. Neue Walzwerke entstanden 1877 nicht nur zu Hörneafors und Söfors, sondern auch zu Gellivara. Ahrenberg und Ekman veröffentlichten im Auftrage des Jernkontors ein schwedisches Stempelmarkenbuch. 1878 betrug die Zahl der Arbeiter in den Eisenbergwerken 4397, in den Hütten- und Stahlwerken 16 716.

Ein Universalwalzwerk wurde 1878 von E. von Zweigebergk in Swedjebacken in Betrieb genommen. In diesem Jahre zählte man bereits sieben Martinstahlwerke mit sieben Schmelzöfen, von denen der gröfste indessen nur vier Tonnen Einsatz fafste. Der Brennstoffverbrauch belief sich auf 200 Prozent. Einen gröfseren Ofen baute Odelstjerna auf der Boforshütte. Bei den Bessemerbirnen zu Langshyttan führte man Siebböden ein. Göransson und Magnusen veröffentlichten Untersuchungen über das Bessemern zu Sandviken.

1878 wurde zu Bofors zuerst der Stahlformgufs aus dem Martinofen eingeführt.

Digitized by Google

1879 wurde die Kleinbessemerei zu Avesta mit Erfolg betrieben. R. Åkerman, H. Tholander und C. G. Särnström veröffentlichen die Ergebnisse ihrer Versuche über die Reduzierbarkeit der Eisenerze. Das Rösten der Erze, das für Schweden von besonderer Wichtigkeit war, geschah vielfach in Gasröstöfen, von denen namentlich die Westmanschen verbreitet waren. Casperssons verbesserte Stahlgufspfanne wurde zuerst 1880 auf dem Westanfors Bessemerwerk in Fagersta eingeführt. 1880 schlug R. Åkerman die Verwendung der Thomasschlacke als Düngemittel vor. 1882 nahm man zu Bofors einen Martinofen für 10 Tonnen Einsatz in Betrieb.

1883 stellte C. G. Dahlerus Untersuchungen über den Verlauf des Bessemerprozesses zu Langshyttan, Nykroppa, Bangbro und Westanfors an und veröffentlichte zahlreiche Analysen von Roheisen, Schlacken und Bessemermetall in den verschiedenen Stadien des Prozesses nach bestimmten Zeiträumen.

Caspersson, der sich mancherlei Verdienste um das Bessemern in Schweden erwarb, arbeitete 1883 mit einem feststehenden 3-Tonnen-Konverter zu Bofors. Er wies damals auf den grofsen Einflufs hoher Anfangstemperaturen des Roheisens beim Einsatz hin, die bei seinem geringen Siliciumgehalt besonders wichtig waren.

Paul von Schwarze lenkte 1884 die Aufmerksamkeit auf die grofsen Erzfelder Nordschwedens und ihre Bedeutung für Deutschland.

Warnström gründete 1885 eine elektromagnetische Aufbereitung in Örebro. Thorston Nordenfeld erfand die weiche Aluminium-Eisenlegierung, die er Mitisgufs nannte, und C. G. Wittenström seinen Petroleum-Schmelzofen zu dessen Herstellung, wofür 1886 zu Carlsvick bei Stockholm ein Schmelzwerk erbaut wurde. Schon vordem hatte Knut Styffe Aluminium als Reinigungsmittel für das Eisen empfohlen, und Wittenström 1885 ein Patent, durch Zuschlag von 0,2 Prozent Aluminium das Flufseisen dünnflüssig und fest zu machen, genommen.

1886 konstruierte Wernström sein Universalwalzwerk. In Dannemora betrieb man einen Siemens-Gufsstahlschmelzofen mit zwei Kammern zu je 10 Tiegel Einsatz. Man erhielt in 500 Schmelzungen 165 Tonnen Tiegelstahl. Zu Avesta wurde unter Ch. Walrands Leitung der Stahlformgufs aus den von diesem erfundenen kleinen Konvertern eingeführt.

Carlsson zu Ulfshytta unterbrach das Blasen bei Beginn der Kohlenstoffverbrennung, gofs einen Teil als „Reduktionsmetall“ aus blies dann fertig und setzte jenes statt Spiegeleisen zu.

Digitized by Google

1887 wurde die für die Erschliefsung der nordischen Eisenlager so wichtige Eisenbahn von Luleå nach Gellivara von einer englischen Gesellschaft vollendet. — Odelstjerna führte den Betrieb mit Chromerzfutter beim Herdbetrieb in Trollshätta ein. Knut Styffe empfahl Magnesiaböden. In demselben Jahre stellte man in verschiedenen schwedischen Werken Chromstahl in Flammöfen, in einem bei Christiania in Tiegeln dar; 1888 gelang auch die Darstellung im Hochofen. Chromstahl sollte den Dannemora-Gufsstahl ersetzen. In Avesta erbaute man zwei moderne Hochöfen mit zwei Westman-Gasröstöfen und eisernen Winderhitzern. In diesem Jahre begann man im Norbergbezirk alte Erzhalden durch magnetische Aufbereitung aufzuarbeiten.

1889 erlangte die schwedische Erzausfuhr gröfsere Bedeutung. Oberschlesien hatte schon seit 1870, wenn auch in kleineren Mengen, schwedische Erze bezogen. Dieser Bezug steigerte sich jetzt bedeutend. 1889 bezog Friedrich Krupp in Essen die erste Dampferladung schwedischer Magneterze aus Grängesberg über Rotterdam für die Johannishütte bei Duisburg. Damals wurde bereits die Fortführung der Gellivara-Eisenbahn bis nach Ofoten an der norwegischen Küste zum Aufschlufs der noch mehr landeinwärts liegenden Erzlager von Luossavaara und Kirunavaara geplant.

Der Martinofenbetrieb erlangte eine immer gröfsere Wichtigkeit. Nach einem Bericht Odelstjernas war die

	1884	1890
Zahl der Martinwerke	14	22
„ „ Öfen	20	34
Produktion von Blöcken	23 699 Tonnen	71 335 Tonnen
Stahlgufserzeugung	318 „	2 159 „

Die Werke waren zu Ankarsrum, Avesta, Bofors, Domnarfvet, Elfsbacka, Fagersta, Hagfors, Hammarby, Hellefors, Jäder, Kallinge, Koliva, Losjöfors, Liljedal, Lotorp, Motala, Munkfors, Strömnäs, Surahammer, Söderfors, Trollhättan.

Es gab bereits Siemens-Martin-Öfen von 15 Tonnen Einsatz. Die Produkte waren Werkzeugstahl, Stahlgufs und Eisengufs. Im allgemeinen arbeitete man mehr auf ein hartes Produkt hin. Der basische Betrieb war zuerst zu Jäder von E. G. Oldenstjerna eingeführt worden. L. Sebenius verwendete die Schleuderkraft zur Herstellung dichter Güsse (D. R. P. Nr. 52332).

Digitized by Google

1891 gelangte der Thomasprozefs in Schweden zur Einführung. Das gröfste Eisen- und Stahlwerk Schwedens, Stora Kopparbergs Bergslags Actiebolag in Falun, das über eine Wasserkraft von 4000 P. S. aus 15 Turbinen verfügte, erweiterte sein mit fünf 5-Tonnen-Konvertern ausgerüstetes Bessemerwerk um weitere fünf 6-Tonnen-Konverter, davon drei für das Thomasverfahren. Der bekannte deutsche Ingenieur Ferdinand Vahlkampf beaufsichtigte die Anlage und setzte sie am 26. Oktober 1891 in Betrieb. Die 6-Tonnen-Konverter waren von Carl Angström konstruiert. Das Roheisen, das 3 Prozent Phosphor enthielt, gelangte direkt vom Hochofen in die Birne.

Die Einfuhr phosphorhaltiger Grängesbergerze nach Deutschland nahm fortwährend zu; 1891 gingen bereits 62 689 Tonnen über Rotterdam nach Rheinland und Westfalen und 85 941 Tonnen über Stettin nach Oberschlesien. Gellivara war an dieser Ausfuhr noch nicht beteiligt. Erst 1892 begann die grofse Förderung von Gellivara, die von 180 Tonnen auf 178 817 Tonnen stieg, während die von Grängesberg von 169 016 Tonnen auf 224 271 Tonnen in 1892 sich erhöhte. In diesem Jahre gab es bereits neun magnetische Aufbereitungsanstalten zur Aufarbeitung alter Eisenerzhalden in Schweden. Die Hochöfen zu Domnarfvet erreichten eine Tagesleistung von 36,5 Tonnen. Die Stahlöfen verteilen sich nach Provinzen wie folgt:

	Konverter	Martinöfen	Brennstahlöfen	Tiegelstahlöfen
Kopparberg	9	5	1	2
Gefleborg	8	—	—	—
Wermland	8	5	2	—
Örebro	3	7	—	—
Westmanland	2	5	1	—
Upsala	—	1	2	1
Kalmar	—	1	—	—
Blekinge	—	1	—	—
Elfsborg	—	1	—	—

1892 wurden 1 573 224 Tonnen Steinkohlen und 44 872 Tonnen Koks eingeführt, die eigene Steinkohlenerzeugung im Regierungsbezirk Malmöns in Südschweden betrug etwa 200 000 Tonnen. Holz lieferte immer noch den Hauptbrennstoff; es wurden davon 4 900 000 cbm im Jahr verkohlt.

1893 wurden schon etwa 200 000 Tonnen Erze von Luleå aus verschifft, wovon 75 Prozent über Rotterdam nach Rheinland und Westfalen gingen, England bezog nur 15 000 Tonnen. Die Erzförderung Schwedens hatte gegen das Vorjahr um 14,7 Prozent zugenommen.

Digitized by Google

1893 fand die Weltausstellung in Chicago statt, auf der sich die schwedische Eisenindustrie durch ihre vorzügliche Vorführung hervorthat. R. Åkerman hielt daselbst bei dem Meeting des American Institute of Mining Engineers im August einen Vortrag über das Bessemern in Schweden, den wir früher schon erwähnt haben und aus dem wir nur noch nachtragen, dafs es gelungen war, durch stärkere Gebläse und heifseren Wind in Schweden Bessemerroheisen mit 0,9 bis 1 Prozent Silicium, gegen 0,2 bis 0,4 Prozent, zu erblasen und dadurch einen heifseren Gang der Chargen zu erzielen. Man unterbrach das Blasen im richtigen Moment der Entkohlung, den man ohne Hülfe des Spektroskops erkannte. Zum Giefsen bediente man sich der Casperssonschen Pfanne. War das Flufseisen zu heifs, so liefs man es erst durch einen Siebtrichter laufen.

1894 hielt Erik G. Odelstjerna in Amerika einen Vortrag über das Martinieren in Schweden. Bei den Gasgeneratoren wendete man Kondensation an und war Björklunds Oberflächenkondensator in Aufnahme gekommen. Die Kohlengasgeneratoren waren klein und mit Treppenrosten versehen. Neuerdings waren zu Löderfors Holzgasgeneratoren mit Trockenapparaten eingeführt worden. Die Schmelzöfen hatten stehende Regeneratoren mit Tellerventilen auf gekühlten Sitzen. Zur Ersparnis an Brennstoff waren die Öfen umkleidet. Schrott war selten und teuer und kam deshalb nur in geringen Mengen zur Anwendung. Manche Werke arbeiteten nur mit Roheisen und Erz. Gröfsere als 15-Tonnen-Öfen gab es nicht. Man erzeugte drei Sorten: 1. weiches Flufseisen mit bis zu 0,15 Prozent Kohlenstoff, 2. Werkzeugstahl mit mindestens 0,45 Prozent Kohlenstoff und 3. Stahlformgufs. Man suchte möglichst wenig Mangan im Produkt zu erhalten.

Zu Finspång gofs man Panzerplatten aus Martinstahl, die man ohne mechanische Bearbeitung verwendete. Sie brauchten nur wenig stärker zu sein als gewalzte und liefsen sich leicht in jeder Dicke herstellen. Seit einigen Jahren war man zum basischen Betrieb übergegangen. Wie beim Bessemern, so fand auch beim Martinieren keine Rückkohlung statt.

Die Erzförderung steigerte sich immer mehr. Von 1870 bis 1894 war sie von 631 000 auf 1 927 000 Tonnen gewachsen[1]). Von den geförderten Erzen waren 85,4 Prozent Magneteisenstein, 14,6 Prozent Eisenglanz und Blutstein.

Von Verbesserungen der letzten Jahre ist zu erwähnen, dafs man

[1]) Stahl und Eisen 1896, S. 1029.

Digitized by Google

bestrebt ist, bei den Hochöfen bessere Holzverkohlungsöfen anzulegen, und dafs man gelagerte Holzkohlen vor dem Aufgeben künstlich trocknet. Der Köhlerei wird eine gröfsere Aufmerksamkeit zugewendet, und es entstanden Köhlerschulen, die vom Jernkontor unterhalten werden. Sandviken zeichnete sich aus durch seinen guten Bessemerstahl und kalt gewalzten Bandstahl, Söderfors, Fagersta und Bofors durch ihren Martinstahl und Finspång und Bofors durch ihren Stahlgufs. Kolschwa und Uddeholm erzeugen die weichsten Flufseisensorten, Surahammer vortrefflichen Puddelstahl. 1898 empfahl J. Wiborg die Anwendung von heifsem Wind beim Bessemern, wodurch man siliciumärmeres Roheisen verblasen könne.

Die Ausfuhr von Holz erreichte 1896 einen Wert von rund 140 Millionen, die von Eisen von 46 Millionen schwedische Kronen. Bei dem Eisen hatte die Ausfuhr der Rohprodukte — abgesehen von den Eisenerzen — abgenommen, die des verarbeiteten Eisens — des Manufaktureisens — zugenommen. 1854 hatte das Stangeneisen 83,3 Prozent betragen, 1895 machte es nur noch 41,8 Prozent des Wertes der Eisenausfuhr aus. Eine bedeutenden Absatz hatten gewisse Spezialartikel erlangt, besonders geprefste und gedrückte Geschirre namentlich für Molkereibetrieb, Hohlgegenstände, wie Patronenhülsen. Auf die Herstellung dieser Artikel waren grofse Fabriken begründet, wie z. B. Kokums Werke zu Kallinge mit 625 Arbeitern und die Olofström-Werke. Die Eskilstuna-Stahlprefsgesellschaft, die 200 Arbeiter beschäftigte, lieferte Sensen, Äxte, Beile, Schaufeln, Sägen, Pflüge und sonstige landwirtschaftliche Geräte und Maschinen. Eskilstuna war der wichtigste Mittelpunkt der schwedischen Kleineisengewerbe geworden und beschäftigte an 4000 Eisenarbeiter. 1894 zählte man 120 Fabriken mit 2299 Arbeitern und 88 Handwerke mit 249 Arbeitern. Die alte handwerksmäfsige Arbeit wurde aber mehr und mehr zurückgedrängt durch die durchaus moderne Maschinenarbeit nach amerikanischem Muster zur Erzeugung von Qualitätsmassenartikeln.

1897 fand in Stockholm eine nordische Kunst- und Industrieausstellung statt, auf welcher die Bedeutung und die Fortschritte der Eisenindustrie Schwedens vorgeführt wurden. Das gröfste Eisenwerk Schwedens, Domnarfvets Järnverk, trat besonders hervor und zeigte die Eigenart der schwedischen Eisenindustrie. Die Kraft lieferten 23 Turbinen, die das starke Wassergefälle des Dalelf an den Tunafällen in 5000 P. S. umwandelte. Hiervon trieben 900 P. S. 49 Elektromotoren. Acht kontinuierliche Verkohlungsöfen nach des General-

Digitized by Google

direktors E. J. Ljungbergs Erfindung erzeugten aus geflöztem Holz von Dalarne 120 000 cbm Holzkohle im Jahre. Diese Öfen arbeiten nach Art der Ringöfen mit vier Kammern. Das Hochofenwerk umfafste fünf Hochöfen von 16,5 m Höhe, sechs Westman-Röstöfen und sieben Cowper-Winderhitzer. Vier Hochöfen hatten 1896 43 397 Tonnen Holzkohlenroheisen geliefert. Die Schlacken wurden grofsenteils zu Ziegeln verarbeitet. Das Bessemerwerk hatte zwei saure 6-Tonnen-Konverter und drei basische 5-Tonnen-Konverter, das Martinwerk vier 15-Tonnen-Öfen, wovon zwei sauer und zwei basisch zugestellt waren. Beide Anlagen konnten 60 000 bis 70 000 Tonnen Flufsstahlblöcke liefern. Das Walzwerk ist für die Fabrikation von 45 000 Tonnen Walzprodukte aller Art eingerichtet. Das Werk besitzt ferner eine grofse Maschinenfabrik, Manufakturschmiede, Holzschneiderei u. s. w.

Das Bessemer- und Martinstahlwerk Bofors arbeitet ausschliefslich mit elektrischer Kraftübertragung

Uebrigens war auch die Einfuhr von Steinkohle 1899 auf 40 300 000 Tonnen gestiegen.

Den gröfsten Aufschwung hatte durch die Erschliefsung der mächtigen Eisenerzlager in Nordschweden die Erzförderung und die Erzausfuhr [1]) genommen. 1896 wurden 2 586 705 Tonnen gefördert und 1 150 695 ausgeführt, hiervon gingen 787 581 Tonnen nach Deutschland. 1899 betrug die Erzausfuhr 1 627 908 Tonnen. Die Erzförderung wird sich noch bedeutend steigern, wenn (1903) die Eisenbahn Luleå—Ofoten [2]) vollendet sein wird und die Erze auch an der norwegischen Küste verladen werden können. Zugleich werden durch diese Bahn die riesigen Erzlager von Luossavaara, Kirunavaara und zahlreiche kleinere Erzfundstellen dem Verkehr erschlossen. Hierzu hatten die Untersuchungen und Berichte von Professor Voigt, der auf die grofse Zukunft der Kirunavaaraerze, von denen drei Tonnen gleichwertig mit $6^1/_2$ Tonnen Yorkshire- oder mit 5 Tonnen Luxemburger Erzen sind, hinwies, beigetragen, sowie Professor Törnebohm, der 1899 die Expedition von Dr. W. Petersson und Dr. F. Svenonius [3]) in dieses Erzgebiet veranlafste. Die Ausbeutung der Erzschätze einerseits und die bessere Ausnutzung der zahlreichen Wasserkräfte Schwedens durch Umwandlung in elektrische Energie andererseits werden einen noch gröfseren Aufschwung der Eisenindustrie Schwedens in der Zukunft herbeiführen.

---

[1]) Vergl. Dr. H. Wedding in Zeitschr. für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preufs. Staate 1898, S. 69.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1899, S. 61, 143, 165, 221, 329, 381, 578, 622, 873.

[3]) A. a. O. 1900, S. 530, 590.

Digitized by Google

Zahlengeschichte der schwedischen Eisenindustrie seit 1870.

Übersicht der Erzeugung der Eisenindustrie in Tonnen.

Jahr	Eisenerze		Hochofenproduktion		Gufswaren II. Schmelzung	Stab- oder Stangeneisen	Stahl und Flufseisen	Eisen u. Stahl verarbeitet (Manufakturwaren)
	Bergerze	Seeerze	Roheisen	Hochofengufs				
1871	646 662	15 758	299 081	5792	16 263	187 659	7 000	27 053
1872	719 880	12 419	339 773	4979	13 216	172 915	14 000	32 709
1873	826 979	5 281	346 091	6183	15 124	175 351	18 000	37 881
1874	921 952	4 198	228 203	5839	17 284	167 645	26 083	34 219
1881	820 730	5 194	340 748		13 799	247 663	52 218	37 957
1882	890 656	1 846	389 873		15 000	259 476	62 183	43 401
1883	881 578	3 385	413 755	8795	16 097	259 497	65 799	44 001
1884	907 087	2 295	423 100	7355	17 042	271 141	74 227	43 906
1885	871 170	2 190	460 552	4184	17 316	257 323	74 524	42 668
1886	867 578	4 900	437 657	4720	16 312	237 080	80 536	41 048
1887	902 200	973	451 640	4985	30 516	221 150	78 217	49 250
1888	956 200	3 185	452 450	4530	28 250	199 710	110 100	59 675
1889	983 609	2 295	416 043	4622	33 005	200 668	136 324	74 066
1890	940 429	812	451 443	4660	32 970	202 635	167 878	78 998
1891	985 255	2 150	486 680	4233	37 515	207 992	171 889	72 438
1892	1 291 933	1 650	478 670	6988	?	235 426	157 795	89 374
1893	1 481 487	2 275	447 362	6059	?	146 042	166 845	—
1894	1 926 523	686	456 272	6537	?	146 786	165 474	131 510
1895	1 901 971	2 691	456 695	6235	?	168 270	197 232	134 420
1896	2 038 094	925	487 147	7271	?	167 377	257 045	166 025
1897	2 086 119	1 047	530 893	7304	?	155 991	273 806	176 539
1898	2 302 546	368	523 960	7806	?	170 374	263 973	160 219
						Luppen- und Rohschienen		
1899	2 434 606[1])	594	489 231	8496	?	195 331	273 454[2])	—

Hochofenbetrieb.

Jahr	Zahl der Hochöfen in Betrieb	Durchschnittl. Tageserzeugung eines Ofens Tonnen	Jahr	Zahl der Hochöfen in Betrieb	Durchschnittl. Tageserzeugung eines Ofens Tonnen
1833	—	2,78	1893	152	12,43
1874	217	9,85	1894	145	12,45
1884	178	10,24	1895	146	12,58
1888	162	9,64	1896	140	13,03
1889	150	11,25	1897	144	13,07
1890	154	12,03	1898	143	13,35
1891	155	12,24	1899	141	13,44
1892	153	12.35			

[1]) Hiervon 2 165 156 = 88,9 Proz. Magneteisenstein. — [2]) Nicht ausgeschweifst, dabei 974 Tonnen Cementstahl.

Digitized by Google

Roheisenerzeugung nach Sorten in Tonnen.

	1892	1893	1894	1895
Frisch- und Puddelroheisen	316 577	285 718	257 275	240 666
Bessemer- und Martinroheisen	146 155	145 479	183 395	198 475
Spiegeleisen	910	1 294	1 046	1 338
Gießereiroheisen einschl. für Temperguß	15 034	14 871	14 556	16 216
Zusammen	478 676	447 362	456 272	456 695

	1896	1897	1898 Tonnen	1898 Proz.	1899
Frisch- und Puddelroheisen	246 022	269 321	259 971	49,62	248 817
Bessemer- und Martinroheisen	225 103	238 132	240 787	45,95	218 797
Spiegeleisen	738	1 409	2 286	0,43	1 992
Gießereiroheisen einschl. für Temperguß	15 284	22 037	20 967	4,00	19 635
Zusammen	487 147	530 893	528 960	100,00	489 231

Roheisenerzeugung der einzelnen Provinzen 1874.

	Tonnen	Prozent
Norbotten	411	0,1
Westerbotten	3 658	—
Westernorrland	4 587	—
Jemtland	68	—
Gefleborg	45 272	—
Upsala	7 114	—
Stockholm	3 847	—
Kopparberg	65 054	19,8
Westmanland	27 952	—
Örebro	96 011	—
Skaraberg	1 329	—
Wermland	45 180	—
Elfsborg	3 557	—
Södermanland	5 832	—
Östergotland	10 987	—
Kalmar	3 093	—
Jönköping	3 733	—
Kronoberg	164	
Zusammen	327 849	—

Digitized by Google

Roheisenerzeugung nach Hauptbezirken.

	1891		1898
	Zahl der Hochöfen	Produktion Tonnen	Prozent
Norbotten	—	—	26,67
Gefleberg	17	63 494	13,50
Upsala	6	23 081	—
Kopparberg	34	132 632	—
Westmanland	14	40 153	—
Örebro	44	129 919	25,77
Wermland	22	65 395	—

Schweifseisenerzeugung in Tonnen.

Jahr	Stab- oder Stangeneisen	Jahr	Stab- oder Stangeneisen	Jahr	Stab- oder Stangeneisen
1871	187 659	1884	264 896 [1])	1892	235 426 [3])
1872	172 915	1885	257 323 [1])	1893	225 532 [3])
1873	175 351	1886	237 088 [1])	1894	202 517 [3])
1874	167 645	1887	221 150 [1])	1895	188 726 [3])
1880	216 876 [1])	1888	200 110	1896	188 396 [3])
1881	245 098 [1])	1889	200 869 [2])	1897	189 632 [3])
1882	259 476 [1])	1890	192 215 [2])	1898	198 923 [3])
1883	259 693 [1])	1891	224 651 [3])	1899	195 331 [3])

Erzeugung nach Sorten.

	1888		1890			1892		
	Zahl der Öfen	Erzeugung in Tonnen	Zahl der Werke	Zahl der Öfen	Erzeugung in Tonnen	Zahl der Werke	Zahl der Öfen	Erzeugung in Tonnen
Wallonschmiede	26	5 436	10	29	6 088,9	—	24	
Franche-Comté-Schmiede	95	11 636	59	72	6 644,5	—	39	233 707
Lancashireschmiede	402	182 380	75	332	17 834,9	—	354	
Puddelöfen	4	659	2	3	758,5	—	4 [4])	1 719
Zusammen	527	200 110	146	436	19 183,7	150	422	235 426

[1]) Einschliefslich Flufseisenstäbe.
[2]) Abgefafste Luppen.
[3]) Luppen und Rohschienen.
[4]) 1892 waren auch noch 12 Uchatiusöfen in Betrieb.

Digitized by Google

	1894		1895		1897		1898 [1])	
	Zahl der Öfen	Erzeugung in Tonnen	Zahl der Öfen	Erzeugung in Tonnen	Zahl der Öfen	Erzeugung in Tonnen	Zahl der Öfen	Erzeugung in Tonnen
Wallonschmiede	24	} 13 203	23	} 14 051	21	} 10 188	22	} 12 205
Franche-Comte-Schmiede	39		35		19		17	
Lancashireschmiede	337	189 355	306	172 883	287	177 525	293	184 356
Puddelöfen	4	1 759	3	1 792	4	1 919	4	2 362
Zusammen	404	202 517	367	188 726	333	189 632	336	198 923

Erzeugung 1874 nach Provinzen in Tonnen.

Norbotten	180	Skaraborg	894
Westerbotten	1 458	Wermland	27 692
Westernorrland	3 087	Elfsborg	3 327
Jemtland	40	Södermanland	1 119
Gefleborg	17 434	Östergotland	11 266
Upsala	6 096	Kalmar	5 450
Stockholm	2 494	Jönköping	1 841
Kopparberg	16 095	Kronoberg	898
Westmanland	26 599	Blekinge	3 187
Örebro	37 988		

Zusammen: 167 645 Tonnen.

Erzeugung von Schmiedeeisen- u. Stahlfabrikaten nach Sorten.

	1894	1896	1897	1898
Ausgeschweifstes Materialeisen zur Ausfuhr	—	20 678	13 705	13 499
Stangeneisen und Stangenstahl	146 786	176 377	155 991 [2])	170 374 [3])
Formeisen und Formstahl, nicht besonders benannt	8 324	8 246	7 840	9 533
Band-, Nagel- und Feineisen	78 092	70 347	74 285	77 368
Walzdraht in Ringen	25 761	23 140	24 234	23 882
Rohmaterial, hohl	—	} 22 827	16 264	5 833
" massiv	—		17 367	6 259
Grobe Bleche	10 850	15 441	16 367	16 530
Eisenbahnschienen	3 664	199	112	15
Kleineisenzeug	384	335	360	6
Achsen	1 975	1 798	2 499	3 146
Eisenbahnradreifen	1 391	1 366	1 602	2 111
Anker, Grobschmiedeware	1 069	1 615	1 904	2 037
Zusammen	278 296	342 369	332 530	330 593

[1]) 126 Werke.

[2])

	Geschmiedet Tonnen	Gewalzt Tonnen	Schrott Tonnen	Insgesamt Tonnen
1897	35 971	104 938	15 082	155 991

	Geschmiedet Tonnen	Gewalzt Tonnen	Schrott Tonnen	Insgesamt Tonnen
[3]) 1898: Herdfrischeisen	32 919	67 752	—	—
Puddeleisen	—	2 204	—	—
Flufseisen	5 715	47 202	—	—
Brennstahl	329	—	—	—
1898 zusammen	38 963	117 158	14 253	170 374

Stahlerzeugung im ganzen in Tonnen.

Jahr	Bessemerstahl	Martinstahl	Tiegel- und anderer Stahl	Zusammen
1875	19 370	3 417	1981	24 768
1878	19 303	3 600	3003	25 906
1880	30 007	7 716	1551	39 274
1883	50 869	13 107	1826	65 802
1884	53 110	11 250	1763 [1]	66 123
1889	80 324	55 487	813	136 324
1890	94 247	72 985	646	167 878
1891	92 985	78 197	707	171 889
1892	82 422	76 556	617	157 595
1893	84 398	81 759	588	166 845
1894	83 296	81 714	464	165 474
1895	97 320	99 259	653	197 232
1896	114 120	142 301	624	257 045
1897	107 679	165 836	691	274 206
1898	102 254	160 836	1013	264 103
1899	91 898	179 357	1225	272 480

Martinstahl-Formgufs in Tonnen.

1884	318	1888	1402	1893	2068
1885	593	1889	2072	1894	2289
1886	818	1890	2159	1897	4264
1887	1373	1892	1925	1898	4560

Bessemerflufsstahl.

Jahr	Zahl der Werke	Erzeugung Tonnen	Jahr	Zahl der Werke (K. = Konverter)	Erzeugung Tonnen
1870	9	6 640	1886	—	54 012
1871	6	4 356	1887	—	68 200
1872	10	12 453	1888	15	68 610
1873	16	15 695	1889	—	80 324
1874	18	20 881	1890	—	94 247
1875	18	19 397	1891	15 [2]	92 985 [2]
1876	20	21 002	1892	(30 K.)	82 422
1878	—	19 303	1893	(30 K.)	84 398
1880	14	30 017	1894	—	83 322
1881	—	39 334	1895	—	97 320
1882	15	47 365	1896	(29 K.)	114 120
1883	—	50 869	1897	(29 K.)	107 679
1884	15	53 113	1898	(27 K.)	102 254
1885	15	52 012	1899	(27 B.)	91 898

[1]) Puddelstahl 5 Tonnen, Tiegelgufsstahl 441 Tonnen, Uchatiusstahl 1317 Tonnen.

[2]) Kopparsberg 4 Werke, 35 728,4 Tonnen; Gefleborg 4 Werke, 32 082,3 Tonnen; Wermland 4 Werke, 13 009,4 Tonnen.

Martinflufsstahl.

Jahr	Werke	Öfen	Erzeugung Tonnen	Jahr	Werke	Öfen	Erzeugung Tonnen
1875	—	—	3 417,5	1889	21	29	55 487
1878	—	—	3 608	1890	22	24	72 985
1880	—	—	7 716	1891	22 [1])	—	78 197 [1])
1881	—	—	11 159	1892	22	30	76 566
1882	—	—	13 402	1893	—	—	81 889
1883	—	—	16 811	1894	—	—	84 003
1884	14	20	23 699	1895	—	—	99 475
1885	18	26	29 507	1896	—	—	142 301
1886	18	27	34 281	1897	—	44	165 836
1887	19	28	41 834	1898	—	45	160 706
1888	20	29	44 745	1899	—	47	179 357

Flufsstahlerzeugung, sauer und basisch.

Jahr	Bessemerflufsstahl		Martinflufsstahl		Zusammen	
	sauer	basisch	sauer	basisch	sauer	basisch
1893	75 979	8 419	64 824	15 010	140 803	23 429
1894	72 358	10 954	68 713	15 290	141 071	26 244
1895	79 470	17 824	79 241	20 018	158 711	37 842
1896	92 445	21 675	102 184	40 117	194 629	61 792
1897	81 306	26 373	118 293	47 443	199 599	73 816
1898	73 060	29 194	105 657	55 049	178 717	84 243
1899	62 965	28 933	121 345	58 012	184 310	86 945

Flufseisen.

Jahr	Bessemereisen		Siemens-Martineisen		Tiegelstahl		Zusammen	
	Tonnen	Prozent	Tonnen	Prozent	Tonnen	Prozent	Tonnen	Wert in Mill. Kronen
1896	114 120	44,4	142 301	55,3	604	0,3	257 025	25,91
1897	107 679	39,2	165 836	60,5	691	0,3	274 206	28,95
1898	102 254	38,8	160 706	60,9	1 013	0,3	263 973	27,61
1899	91 898	33,7	179 357	65,8	1 225	0,5	272 480	31,06
1900	91 065	30,4	287 418	69,2	1 121	0,4	299 604	39,36

Eisenerzausfuhr in Tonnen.

1886	19 288	1888	117 350	1892	320 071
1887	41 765	1889	118 573	1893	484 020

Eisenerzausfuhr nach Deutschland: 1895 613 920 Tonnen, 1896 787 581 Tonnen.

[1]) Davon: 5 Werke in Wermland, 4 Werke in Örebro, 4 Werke in Westmanland, 3 Werke in Östergotland, 2 Werke in Kopparberg.

Eisenerzausfuhr von 1895 bis 1900.

Jahr	Tonnen	Wert in Mill. Kronen	Prozent der Förderung	Jahr	Tonnen	Wert in Mill. Kronen	Prozent der Förderung
1895	800 452	5,60	42,0	1898	1 439 860	10,90	62,5
1896	1 150 695	7,94	56,4	1899	1 628 011	12,62	66,9
1897	1 400 800	10,30	67,1	1900	1 619 902[1])	13,06	62,1

Erzeugung, Aus- und Einfuhr 1876 in Tonnen.

	Erzeugung	Ausfuhr	Einfuhr
Roheisen und Hochofenguſs	352 622	26 983	21 585
Stangeneisen, Bandeisen und Draht . .	212 560	136 589	7 410
Bessemermetall	21 000	—	—
Martinmetall	3 500	—	—
Eisen- und Stahlabfälle	—	3 600	775
Eisen- und Stahlguſs	3 077	5 293	283
Bleche	11 180	1 268	2 193
Nägel	9 464	1 271	1 567
Schienen	1 220	694	32 680
Weiſsblech	—	11	1 534

Ein- und Ausfuhr von Roheisen und Guſswaren und Schmiedeeisen und Stahl in Tonnen.

Jahr	Roheisen und Guſswaren		Schmiedeeisen und Stahl	
	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr
1886	22 946	58 371	59 723	194 369
1887	18 459	49 456	55 841	236 918
1888	31 626	49 278	46 977	219 032
1889	25 125	79 608	42 683	248 995
1890	32 020	60 330	32 263	211 834

Eisenausfuhr 1886 bis 1890 im einzelnen in Tonnen.

	1886	1887	1888	1889	1890
Roh- und Ballasteisen	58 139	49 286	49 095	76 175	59 931
Blöcke (Guſsstücke)	4 110	4 526	6 459	8 530	8 060
Frischluppen und Rohschienen (Schmelzstücke)	10 579	10 672	14 536	15 596	12 991
Stangeneisen (Stäbe und Handelseisen)	178 180 (165 065)	193 770	187 775	200 244	185 461
Draht und Drahtknüppel . .	5 375	5 590	1 942	4 166	4 971
Bleche	3 170	2 663	5 780	5 715	6 983
Grobe Nägel	2 260	2 422	2 381	2 167	2 461
Schmiedeschrott	2 939	3 026	3 033	5 942	?

[1]) Ab Luleå 1 054 675 Tonnen = 65,1 Prozent, ab Oxelösund 531 904 Tonnen = 32,8 Prozent.

Digitized by Google

Wert der Ein- und Ausfuhr von 1889 bis 1894 in 1000 Kronen (1 Krone = 1,125 Mark).

	Einfuhr						Ausfuhr					
	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1889	1890	1891	1892	1893	1894
Gesamtwert	376 964	377 188	369 698	360 316	332 689	351 173	301 725	304 592	323 490	329 300	328 272	298 625
von Deutschland	115 503	118 322	119 836	115 850	112 897	119 759	36 232	36 677	37 876	48 427	44 276	39 153
„ Grofsbritannien	110 815	108 869	98 655	95 224	86 325	97 782	141 909	137 403	146 385	150 282	150 866	124 070
„ Belgien	12 185	10 103	8 799	12 169	11 399	9 781	9 463	11 020	11 893	11 422	11 869	9 541
„ Frankreich	7 636	7 933	9 056	9 573	6 247	8 514	23 841	24 422	34 404	19 392	29 309	32 241

Ein- und Ausfuhr 1892 bis 1897 in Tonnen.

	1892		1893		1896		1897	
	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr
Eisenerze	320 071	—	484 020	—	1 150 697	—	1 400 399	—
Roh- und Ballasteisen	57 539	20 689	59 831	20 689	70 747	33 104	78 100	54 038
Blöcke (Gufsstücke)	4 654	—	4 247	—	5 755	—	6 866	—
Schmelzstücke und Rohstangen (Halbzeug)	9 298	—	9 723	—	27 242	—	19 193	—
Stangeneisen	178 898	1 745	162 400	1 743	180 515	954	159 868	2 482
Abfälle (Schrott)	2 639	—	2 980	—	4 343	—	3 159	—
Eisenbahnschienen	—	42 478	—	40 438	—	38 794	—	32 695
Platten, Bleche	3 246	—	3 359	—	4 078	—	2 988	—
Draht, gewalzt	4 615 (gewalzt und gezogen zusammen)	—	1 690 (gewalzt und gezogen zusammen)	—	5 748	—	6 535	—
„ gezogen					905	—	647	—
Nägel	2 829	—	2 672	—	2 339	—	2 306	—
Wert von Maschinen und Gerätschaften in 1000 Kronen	2 946	10 426	3 512	7 384	6 404	13 471	6 920	15 578

Ein- und Ausfuhr 1898 und 1899.

	1898		1899	
	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr
Steinkohlen	31 554 000	—	4 030 000	—
Eisenerz	—	1 439 872	—	1 627 908
Roh- und Ballasteisen	54 376	91 744	52 895	93 775
Gufswaren	—	9 017	—	10 484
Rohschienen, Luppen und Blöcke	—	18 254	—	20 677
Stabeisen	2 884	160 863	3 563	167 684
Stabeisenabfälle	—	3 956	—	6 322
Eisenbahnschienen	53 597	—	82 994	—
Walzdraht	—	4 758	—	5 564
Bleche aller Art	—	3 023	—	2 921
Gezogener Draht	—	750	—	1 179
Nägel aller Art	—	2 641	—	2 556

Eisenverbrauch in Kilotonnen (nach Rentzsch).

	1890	1895	1898	1900
Einwohnerzahl in Millionen	4,9	5	5	5
1. Hochofenproduktion	421	471	610	527
2. Einfuhr:				
a) Roheisen aller Art, altes Brucheisen	32	31	52	54
b) Materialeisen und Stahl, grobe Eisen- und Stahlwaren, einschl. Maschinen aus Eisen	—	—	63	69
Hierauf Zuschlag zur Reduktion auf Roheisen $33^1/_3$ Prozent	—	—	21	23
Zusammen Einfuhr	—	—	136	146
Insgesamt Produktion und Einfuhr	—	—	746	673
3. Ausfuhr:				
a) Roheisen aller Art, altes Brucheisen	60	—	84	90
b) Materialeisen und Stahl, grobe Eisen- und Stahlwaren, einschl. Maschinen aus Eisen	220	—	210	217
Zuschlag hierauf $33^1/_3$ Prozent	73	—	70	72
Insgesamt Ausfuhr	353	—	364	379
Einheimischer Verbrauch (1 + 2 — 3)	—	—	382	294
Pro Kopf Kilo	—	—	76,4	58,8
Eigene Produktion pro Kopf Kilo	85,9	94,2	122,0	105,4

Digitized by Google

Rufsland.

Die Lage der russischen Eisenindustrie war im Jahre 1870 keine günstige. Dies veranlafste die Regierung, die berühmten Eisenhüttenleute P. Tunner von Leoben und A. Grill aus Schweden zu berufen, um in Gemeinschaft mit General Raschette die russischen Eisenindustriegebiete zu bereisen und Bericht zu erstatten. Tunners Ausführung stellte fest, dafs die russische Eisenindustrie in den letzten Jahren wenig Fortschritte gemacht habe, und giebt als Ursachen an: den Mangel an Kommunikationsmitteln, die Trägheit der Arbeiter, die, durch die Aufhebung der Leibeigenschaft von dem früheren Zwang befreit, die neuerworbene Freiheit am liebsten im Nichtsthun geniefsen wollten, sodann den Mangel an Brennstoff und schlechte Wirtschaft im Hütten- wie im Forstwesen. Die russische Eisenindustrie war zwar durch einen Einfuhrzoll von 5 Kopeken für das Pud Roheisen und von 35 Kopeken für verarbeitetes Eisen geschützt. Derselbe reichte aber um so weniger aus, die ausländische Konkurrenz abzuhalten, als er in dem sehr entwerteten Papierkurs bezahlt werden durfte. Die uralischen Hütten waren auf ihren alten Betriebseinrichtungen stehen geblieben. Die neuen Flufseisenprozesse waren nur in geringem Mafse zur Einführung gelangt. In Finnland verschmolz man meist noch Seeerze in alter Weise.

In diesen Zuständen trat auch in den folgenden Jahren noch keine Besserung ein. Von grofser Bedeutung für die Zukunft war es allerdings, dafs 1871 ein Engländer Hughes ein Hüttenwerk in dem kaum erschlossenen Steinkohlengebiet Südrufslands am Dnjepr errichtete.

In den folgenden Jahren wurde vom Staat ein grofses Tiegelgufsstahlwerk in Motovilicha bei Perm an der Kama zur Herstellung von Kriegsmaterial erbaut. Hier wurden die ersten Stahlgeschütze in Rufsland gegossen.

Im Jahre 1877 ging die russische Regierung zu schärferen Mafsregeln zum Schutze der russischen Eisenindustrie über und zwar zunächst dadurch, dafs sie die Zahlung der Zölle in Gold verlangte, was gegen den früheren Zustand einem Zollaufschlag von 30 Prozent gleichkam. In den darauf folgenden Jahren erfolgte ein rascher Aufschwung der Flufseisenerzeugung, sowohl im Konverter wie im Flammofen. Vom Jahre 1878 zum Jahre 1879 stieg die Flufseisenproduktion von 64 283 Tonnen auf 210 177 Tonnen. Im Jahre 1880 hatte das Flufseisen das Schweifseisen bereits überflügelt, allerdings nur für

Digitized by Google

kurze Zeit, indem in den achtziger Jahren ein Sinken der Flufseisenerzeugung und ein Steigen der Schweifseisenproduktion eintrat, so dafs letzteres sich siegreich behauptete, bis vom Jahre 1894 an das Flufseisen das Schweifseisen dauernd überholte. Die Roheisen- und Schweifseisenproduktion stieg in den achtziger Jahren nicht bedeutend und lange nicht im Verhältnis zu der des Flufseisens, wie sich aus folgender Zusammenstellung ergiebt. Es wurden erzeugt:

Jahr	Roheisen Tonnen	Schweifseisen Tonnen	Flufseisen Tonnen
1871	360 730	249 285	7 253
1880	448 596	292 304	307 559

1880 hob die russische Regierung die zollfreie Einfuhr von Roh- und Stabeisen, soweit sie noch bestand, auf und erhöhte die Einfuhrzölle vom 1. März 1881 ab beträchtlich. Eine noch gröfsere Erhöhung der Schutzzölle für Eisen trat mit dem Tarif von 1887 in Kraft, und diesem verdankt die russische Eisenindustrie ihren gewaltigen Aufschwung in den achtziger und neunziger Jahren. Wie bedeutend derselbe war, zeigen die nachfolgenden Produktionsziffern.

Es betrug die Produktion in Tonnen:

Jahr	von Roheisen	von Schweifseisen	von Flufseisen
1880	448 596	292 304	307 559
1890	926 455	433 173	364 800
1898	2 204 748	499 300	1 146 366

Wie diese glänzende Entwickelung sich im einzelnen vollzog, soll im folgenden kurz vorgeführt werden.

1870 fand in St. Petersburg eine Industrieausstellung statt, die aber gerade auf die Rückständigkeit der russischen Eisenindustrie aufmerksam machte.

Um das Hüttenwesen in Finnland hatten sich die Grofsindustriellen Putilow und von Julin verdient gemacht. Ersterer war der gröfste Hüttenbesitzer. Sein 1856 gegründeter Hochofen zu Chapakoski lieferte täglich 250 bis 300 Pud, zwei Öfen zu Ekaterienzki 400 bis 600 Pud, zwei Öfen zu Orawi 400 bis 600 Pud und der grofse Hochofen zu Neu-Orawi 1750 Pud Roheisen den Tag.

Die Seeerze, die das Haupterz bildeten, waren sehr schwankend in ihrem Gehalt an Eisen und Mangan, im Mittel betrug der Eisengehalt 35,07, der Mangangehalt 6,27 Prozent. Die Seeflächen wurden

Digitized by Google

wie Grubenfelder verliehen, doch waren dieselben selbst bei demselben See sehr ungleichwertig. Am See Mehtalampi waren die Erze der Südseite am reichsten.

Putilow walzte Eisenbahnschienen aus alten englischen mit Kopf aus Holzkohlen-Seeerz-Frischeisen.

Im Gouvernement Perm standen 63 Eisenhütten in Betrieb. Sie verschmolzen hauptsächlich die reichen Magneteisensteine der uralischen Erzberge. Auf der Demidoffschen zu Nischnij-Tagilsk wurde unter Zusatz manganreicher Erze Spiegeleisen erblasen, das zumeist nach England ging. Zu Nischnij-Salda hatte man einen neuen Rachetteofen von 50 Fufs Höhe, während die alten Öfen nur 28 Fufs hoch waren.

Im Jahre 1871 fing man an, den Schätzen an Steinkohlen und Eisen im Donezgebiet in Südrufsland gröfsere Aufmerksamkeit zu schenken. Der Engländer Hughes legte auf Grund einer Schienenbestellung der russischen Regierung in Verbindung mit dem russischen Kapitalisten Pastuchow eine Hochofenhütte mit Koksbetrieb, „die Hugheshütte“, an, die 1871 ihren Betrieb eröffnete, während das Schienenwalzwerk erst 1873 in Thätigkeit kam. In diesem Jahre erschien die erste gute Beschreibung der Eisenerzlagerstätten Südrufslands von dem deutschen Ingenieur Leo Strippelmann in Schlesien. Bereits 1870 hatte die russische Regierung begonnen, sich ihrer unrentabelen Staatswerke (Kronhütten) durch Verkauf zu entledigen, indem sie vier Kronwerke in Polen verkaufte. 1871 wurde auch der Verkauf der uralischen Staatshütten beschlossen. — In dem Gouvernement Moskau gründeten 1872 A. E. von Struve, G. E. von Struve und A. J. Lessing das Eisenwerk Kolomna mit grofsen Werkstätten für Lokomotiv- und Brückenbau und 1873 das grofse Hüttenwerk Kulebaki. Die von von Woronzow am Kama erbaute grofse Gufsstahlkanonenfabrik zu Perm gofs 1872 für einen 50-Tonnen-Dampfhammer den 600 Tonnen schweren Ambofsstuhl an Ort und Stelle in einem Stück, wozu 14 Mackenzie-Kupolöfen das Eisen lieferten. Es geschah dies unter der Leitung des hochverdienten Ingenieurs und Professors an der Bergakademie Heinr. Andrewitsch von Jossa, der am 30. Juli 1874 starb.

Dieses Werk und das Obouchkow-Stahlwerk[1]) im Gouvernement St. Petersburg lieferten hauptsächlich Kriegsmaterial. Letzteres machte 22 verschiedene Stahlsorten, wofür zum Teil ein eigentümliches Verfahren

---

[1]) Das Obouchkow- oder Abukoffski-Stahlwerk hatte seinen Namen von dem Erbauer und späteren ersten Direktor M. Aboukoff (Obuchow) und lag bei Alexandrowsky. Es wurde später vom Staat übernommen.

Digitized by Google

angewendet wurde. Man schmolz reines weifses Holzkohlenroheisen von Finnland im Kupolofen ein, stach dieses in weifsglühende Tiegel, in denen ein Gemenge von Eisen- und Stahlabfällen, Magnet- und Titaneisenstein sich befand, ab, rührte die geschmolzene Masse um und setzte dann noch etwas Arsenik oder Salpeter (?) zu. Die Tiegel fafsten 37,5 kg Stahl, und man gofs Blöcke bis zu 40 Tonnen Gewicht. Die Blöcke wurden erhitzt und unter einem 50-Tonnen-Hammer geschmiedet.

1873 gab es 203 Eisenwerke, 155 Eisengiefsereien, 245 Hochöfen, 522 Puddel-, 700 Schweifsöfen und 20 Öfen für beide Zwecke, 840 Eisen- und 492 Stahlfrischherde, 191 Kupolöfen und 88 Gufsstahlschmelzöfen.

1873 feierte das Berginstitut zu St. Petersburg sein 100jähriges Jubiläum.

In Finnland hatte man 1874 auf dem Eisenwerk Kurino einen Eckmanschen Holzschweifsofen und einen Lundinschen Gasschweifsofen erbaut.

General Raschette hatte seine Schmelzofenkonstruktion auf die Erzröstöfen übertragen, welche er 1874 zu Gora-Blagodat erbaut hatte.

Sergius Kern in St. Petersburg machte Ferrochrom in Tiegeln und wendete Chromeisen statt Spiegeleisen an, um einen weicheren Stahl zu bekommen; aufserdem erfand er ein Verfahren für die Reinigung des Roheisens mit Flufsspat, Soda und Manganhyperoxyd.

1874 verlegten die Besitzer der Briankshütte den Schwerpunkt ihrer Thätigkeit von Mittelrufsland nach Südrufsland, indem sie eine Hütte mit Schienenwalzwerk im Donezgebiet erbauten.

Obgleich im Jahre 1875 die Eisenpreise sehr gedrückt und die Lage der russischen Eisenindustrie eine recht ungünstige war, wurde doch eine Anzahl neuer Eisenwerke angelegt. Es waren dies meist Bessemer-Stahlwerke. So entstanden am Ural vier neue Werke, darunter ein grofses Stahl- und Schienenwalzwerk bei der Demidoffschen Hütte zu Nischnij-Saldinsk für 800000 Pud Jahreserzeugung. Es war dies das erste Bessemerstahlwerk am Ural und das erste, das Stahlschienen aus uralischem Eisen walzte.

Zu Suchogarski am Ural war der gröfste russische Holzkohlenhochofen; er hatte 55 Fufs Höhe und 6200 Kubikfufs Inhalt.

In dem russischen Mittelland- oder Moskaubezirk entstanden ebenfalls vier neue Werke, wovon das von Istin hervorzuheben ist.

In Finnland gab es 1875 21 Hochöfen; diese schmolzen 153704 Centner Roheisen aus 351688 Centner Bergerzen, wovon 338640 Centner

Digitized by Google

aus Schweden waren, und 330682 Centner Roheisen aus 1085180 Centner See- und Sumpferzen mit 12 Prozent Kalkzuschlag. Ein Hochofen zu Raivola war nach Raschettes System gebaut. Professor Kulibu veröffentlichte Roheisen- und Hochofengasanalysen. Die finnischen Seeerze waren manganhaltig und neigten zu Spiegeleisenbildung. Man zählte ferner sieben Gas-Schweifsöfen, 58 Puddelöfen, 15 Gas- und 20 andere Schweifsöfen, sodann 13 Gebläseöfen mit 25 Gestellen (Blasewerke, Stücköfen) und 15 Wasserrädern. Diese schmolzen aus 85125 Centner Seeerz mit 437648 Kubikfufs Holzkohlen 15756 Centner „Hackeisen". Das Ausbringen war demnach nur 18,5 Prozent. Die mit diesen Öfen verbundenen Schweifsfeuer oder „Hackherde" mit 15 Hämmern und 24 Wasserrädern lieferten mit 333320 Kubikfufs Holzkohlen 10324 Centner Stabeisen, was 37,70 Prozent Abbrand ergiebt. Husgafvel war seit 1875 bemüht, die Stücköfen in Finnland zu verbessern.

1876 führte Sergius Kern das von Pourcel in Terre-Noire erfundene Verfahren zur Herstellung blasenfreier Güsse durch Zusatz von Silicospiegel in dem Obouchkow-Stahlwerk bei St. Petersburg ein.

1877 wurde von dem finnischen Ingenieur A. Lundgren der Bau eines grofsen Martinstahlwerks zu Alexandrowsky bei St. Petersburg begonnen. Die Gründer waren meist Aktionäre von Terre-Noire in Frankreich; das Martinwerk von Terre-Noire diente als Vorbild. Die Hütte, die vornehmlich Geschütze und Geschosse liefern sollte, wurde 1879 mit sechs Siemens-Martinöfen zu 7 Tonnen und einem zu 6 Tonnen in Betrieb genommen. Bis zur Einführung der erhöhten Schutzzölle im Jahre 1881 wurde englisches Hämatitroheisen, teilweise englisches und französisches Schrotteisen und schwedisches Spiegeleisen von Schifshyttan verschmolzen; nach Einführung des neuen Zolltarifs verarbeitete man finnisches Holzkohlenroheisen und inländischen Schrott auf basischen Herden.

Es wurde schon oben darauf hingewiesen, wie rasch die Flufsstahlerzeugung Ende der siebziger Jahre zunahm. Veranlafst war dies zumeist durch die allgemeine Einführung von Bessemerstahlschienen auf den russischen Eisenbahnen. Trotz der Zunahme der einheimischen Eisenindustrie erforderte der wachsende Bedarf noch eine bedeutende Einfuhr von Eisen- und Stahlwaren, besonders aus Deutschland. Die deutsche Einfuhr betrug 1880 $2^1/_2$ Millionen Centner im Werte von etwa 40 Millionen Mark.

Der neue Zolltarif erschwerte die Einfuhr beträchtlich. Er forderte einen Zoll von 35 Kopeken pro Pud für Roheisen, von

Digitized by Google

45 Kopeken für Eisenbahnschienen und 50 Kopeken für grobe Gufswaren und noch höhere Zölle für alle anderen Eisen- und Stahlfabrikate.

1881 wurde der Abbau der reichen oolithischen Eisenerzlager von Krivoi-Rog in Südrufsland durch Tagebau von einer Gesellschaft begonnen. Trotz dieses wichtigen Ereignisses und trotz der Erbauung der Katharina-Eisenbahn im Donezbecken 1883 machte die Eisenerzeugung Südrufslands bis 1886 nur langsame Fortschritte. Diese nahmen aber rasch zu, nachdem die hohen Schutzzölle von 1887 in Kraft traten. Der Zoll für Roheisen betrug 1884/85 1,76 Mark, 1885/86 2,34 Mark, 1886/87 2,88 Mark und seit 1887 4,89 Mark auf 100 kg.

Im Jahre 1884 waren die gröfsten Eisenhüttenwerke Rufslands zu Longansk, Kremsk, Jekaterinenburg, Goroblagodat, Perm, Wotinsk und Artinsk am Ural, ferner zu Dombrowa in Polen und die Putiloff-Werke bei St. Petersburg.

In Polen erbaute 1884 die französische Aktiengesellschaft Huta-Bankowa zu Dombrowa ein Stahlwerk mit acht Martinöfen mit basischen Herden. Die gröfste Flufsstahlerzeugung in den achtziger Jahren hatte aber der Bezirk von St. Petersburg, besonders durch das grofse Putiloffwerk. Im Moskauer Bezirk hatte die Alexandrowskihütte bei Briansk Anfang der achtziger Jahre den basischen Martinbetrieb eingeführt. 1886 übertraf die Erzeugung von Martinstahl die von Bessemerstahl bereits beträchtlich, und zwar im Verhältnis von 116616 Tonnen zu 67832 Tonnen.

Bis zu Ende der achtziger Jahre behauptete die Eisenindustrie des Urals ihr grofses Übergewicht. 1887 nahm Südrufsland mit seiner Roheisenproduktion von 68115 Tonnen gegen den mittelrussischen, den Moskaubezirk, mit 71647 Tonnen und gegen den Ural 333543 Tonnen die dritte Stelle ein; 1888 überflügelte es den Moskaubezirk, und 1890 betrug seine Roheisenerzeugung schon 219782 Tonnen, die des Ural 393325 Tonnen. Das uralische Roheisen wurde zum gröfsten Teil in Frischfeuern und Puddelöfen in Schweifseisen umgewandelt, während das Roheisen Südrufslands mehr in Flufsstahl übergeführt wurde.

Im Ural lieferten die berühmten Eisenberge von Blagodat und der im Wisokajagebirge bei Nischnij-Tagilsk reiche Magneteisenerze, ebenso die mächtigen Lager im südlichen Ural am Uralflufs, im Distrikt von Werschne-Uralsk und im Gebirge von Ula-Utass-Tau, nur war hier die Abfuhr noch eine schwierige. Der Ural liefert aber vortreffliche Eisenerze jeder Art, besonders auch Brauneisensteine,

Digitized by Google

am mächtigsten bei Slatoust. Diese Erze verschmolzen die Hütten Kusinsk, Sisert, Kuschewa, Satonkski, Kusi-Alexandrowsk, Kamensk, Alapaewsk, Sakamonny, Rasquliaewsk, Utkinsk. Roteisenstein grub man bei Siswensk und Sphärosiderit bei Peskowsk.

1887 zählte man im Ural 59 Eisenhütten mit 103 Hochöfen, die 340000 Tonnen Roheisen erzeugten, wovon auf die Hütten zu Nischnij-Tagilsk, die 14000 bis 15000 Arbeiter beschäftigten, 37700 Tonnen entfielen.

Im Donezbecken in Südrufsland waren 1885 nur zwei Eisenhütten, die der New Russian Iron Co. (Hughes) mit zwei Hochöfen und die von Pastuchow in Sulin mit einem Ofen, die zusammen 660000 Tonnen Roheisen erzeugten. Zu dem raschen Aufschwung in den folgenden Jahren trug die Eröffnung der Jekatarina-Eisenbahn, welche dieses wichtige Gebiet mit dem russischen Hauptnetz verband, im Jahre 1886 bei, sowie die Gründung neuer Werke durch belgische und französische Kapitalisten und Industrielle. 1886 verbanden sich die Gesellschaften John Cockerill zu Seraing und Praga zu Warschau und gründeten die Société métallurgique Dnieprovienne du Midi de la Russie zu Kamenskoje, wo sie das Dniéprovienne-Eisenwerk erbauten.

Die Kamenskoje-Hütte hatte vier Hochöfen, 152 Coppée-Koksöfen, ferner war ein Bessemerwerk und ein basisches Martinwerk damit verbunden. Der Erbauer war der deutsche Ingenieur Basson. 1888 wurde der Betrieb eröffnet. Die Flufsstahlerzeugung Südrufslands stieg von 1888 bis 1890 von 39300 Tonnen auf 114000 Tonnen.

1886 hatte Nicolas von Bernados sein elektrisches Schweifsverfahren erfunden.

Die Steigerung der Eisenproduktion Rufslands von 1886 bis 1890 betrug 66 Prozent, im Ural 30 Prozent, in Mittelrufsland 50 Prozent, in Polen 41 Prozent, in Südrufsland 500 Prozent, dagegen ging sie in Nordrufsland, dessen Eisenindustrie auf den Bezug aus dem Ausland aufgebaut war, infolge der hohen Zölle zurück.

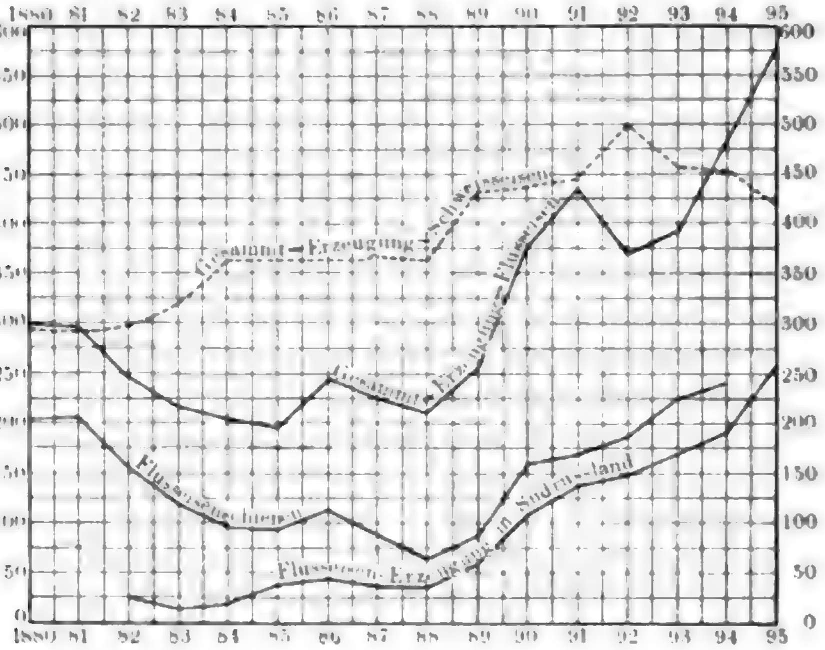
Auch in den neunziger Jahren hielt der Aufschwung der russischen Eisenindustrie, unterstützt durch die energische Schutzzollpolitik, an. Besonders nahm die Flufseisenerzeugung zu und überflügelte 1893/94 die Schweifseisenerzeugung. Südrufsland war an diesem Erfolg am meisten beteiligt. Die Entwickelung von 1880 bis 1890 ist in nachstehendem Schaubild (Fig. 344 a. f. S.) dargestellt.

Vor allem war es der Martinstahl, der immer mehr zur Verwendung kam. 1892 betrug die Erzeugung von Herdflufseisenblöcken 366000 Tonnen gegen 131003 Tonnen Bessemerblöcke.

Digitized by Google

Die Eisenhütten des Ural hatten trotz ihres Reichtums an den besten Eisenerzen zu kämpfen, um ihre führende Stellung gegenüber den neu entstandenen anderen Hüttenwerken in dem Steinkohlengebiete Südrufslands zu behaupten. Von den gröfsten Eisenerzvorkommen gehört Blagodat dem Staat, Vjsokajagna dem Fürsten Demidoff, Kackauar Fürst Stroganoff, ferner waren im Süden die grofsartigen Erzlager der Magnitajagora erschlossen worden. Im

Fig. 344.



Norden wurde 1890 das Kutimsker Eisenwerk neuerrichtet zur Verwertung der reichen Eisenglanze. Hinderlich war der Entwickelung der uralischen Eisenindustrie die fortschreitende Entwaldung und dadurch Mangel und Teuerung der Holzkohlen und die beschwerliche Abfuhr, die auf der Kama in die Wolga und von da nach Nischnij-Novgorod und nach dem Westen ging. Sie war nur möglich, solange der Kamaflufs eisfrei war, und die Werke mufsten oft acht Monate auf Vorrat arbeiten. Die Herdfrischerei spielte im Ural noch eine grofse Rolle. Von den 451, die 1890 im russischen Reich gezählt wurden, waren 377 im Ural, die 30 Prozent des Schweifseisens lieferten. Die Puddelöfen waren vielfach mit Gasfeuerung eingerichtet. Ein neues Auskunftsmittel bot die Massutfeuerung mit Petroleumrückständen von Baku.

Eine grofse Bedeutung hatten die Manganerze des Kaukasus erlangt, wovon 1890 182 500 Tonnen gefördert wurden. Hiervon wurde etwa ein Drittel in Rufsland verschmolzen, der Rest von Batum und Pofi am Schwarzen Meer nach dem Auslande verschifft. Mit Hülfe dieser

Digitized by Google

Erze wurden 1890 im Ural 360 Tonnen Ferromangan und in Südrufsland 1000 Tonnen Spiegeleisen erblasen.

Viel rascher und grofsartiger war die Entwickelung der Eisenindustrie im Steinkohlengebiete des Donezbeckens in Südrufsland. Dort entstanden mit russischem und mehr noch mit ausländischem Kapital grofse Neuanlagen. Die einer englischen Gesellschaft gehörige Hugheshütte in Navorossiks wurde 1890 in die „Neurussische Gesellschaft für Steinkohlenbergbau, Eisen- und Schienenfabrikation“ umgewandelt und bedeutend vergröfsert. Sie hatte 1893 vier grofse Hochöfen, ein Bessemerwerk, ein Siemens-Martinwerk, ein Puddelwerk und eine Giefserei. Das von der Briansk-Gesellschaft, richtiger Société anonyme franco-russe, gegründete Stahlwerk Alexandrowsk bei Jekatarinoslaw umfafste zwei Bessemerbirnen von je 10 Tonnen und vier Martinöfen von je 12 Tonnen Fassung. Derselben Gesellschaft gehörte das Sulinowskwerk und das 1894 erbaute Werk bei Druyoska und das 1892 eröffnete Gdanzewskiwerk. Die Société des Aciéries du Donez besafs das Stahlwerk Drujkowka (Drouschkowski) mit drei Bessemerkonvertern von je 10 Tonnen und die Société métallurgique russo-belge ein Stahlwerk in Volinezvo (Wolinzewo) mit drei Bessemerkonvertern von je 12 Tonnen und zwei Herdöfen. Die der Société Dnióprovienne gehörige Kamenskihütte enthielt zwei Bessemerkonverter von je 10 Tonnen und vier basische Martinöfen für 15 bis 20 Tonnen Einsatz.

In der Alexandrowskhütte führte Gorjainow 1894 beim Martinprozefs sein Verfahren mit vorgeschmolzenen Erzen ein. Mit derselben Hütte wurde eine grofse Schlackenziegelfabrik verbunden. Das Stahlwerk der Hugheshütte wurde 1895 vergröfsert, indem zu den neun sauren Herdöfen von je 20 Tonnen noch zwei gröfsere von 25 bis 30 Tonnen Einsatz hinzukamen. Eine grofsartige Entwickelung nahm die Kamenskihütte[1]). Sie erzeugte 1894 85685 Tonnen Koks, 156520 Tonnen Roheisen, darunter 18350 Tonnen Spiegeleisen, 73860 Tonnen Bessemerstahl, 43300 Tonnen Martinstahl, 10430 Puddelluppen, 55350 Tonnen Stahlschienen, 5540 Tonnen Bandagen, 14540 Tonnen Eisen- und Stahlblech, 27330 Tonnen Stabeisen und Stangenstahl und 6670 Tonnen Gufswaren. Das Werk hatte eine elektrische Centrale von 1500 P. S. — Das Roteisenglanzlager von Krivoi-Rog lieferte 1892 350000 Tonnen Erze. Zu dem Aufschwunge der russischen Eisenindustrie in den neunziger Jahren hat ganz besonders

---

[1]) Stahl und Eisen 1898, S. 716.

Digitized by Google

das grofsartige Unternehmen des Staates, die Erbauung der sibirischen Bahn, welche eine enorme Menge Eisenmaterial erforderte, beigetragen. Daraufhin entstanden neue Werke und die alten wurden vergröfsert. Auch der Staat beförderte die Vergröfserung der Eisenwerke durch Gewährung bedeutender „Operationskredite". So erhielten die Werke von Montovilicha, Slatoust und Wotinsk 1893 einen Kredit von vier Millionen Rubel. Sibirien selbst besafs 1893 nur vier Eisenwerke: die beiden Staatshütten Gurjewski im Altaibezirk und Petrowski im Bezirk Nertschinsk im Transbaikalgebiet und die beiden Privatwerke Abakowski im Gouvernement Jenisseisk und Nikolajewski im Gouvernement Irkutsk. Im Südosten des Gouvernements Tomsk werden Steinkohlen in den Kuznetzkogruben gewonnen. Die Hochofenhütten bezahlen für ihren Erzbezug eine Bergsteuer und zwar eine Kopeke für ein Pud aus eignen und zwei Kopeken für ein Pud aus gepachteten Bergwerken.

1893 zählte man in Rufsland noch 167 Werke, die Schweifseisen erzeugten. Die Produktion bezifferte sich auf 30384610 Pud, wovon 2787990 in Frischherden, der Rest in Puddelöfen hergestellt war. 48 Stahlwerke erzeugten 38626551 Pud Stahl und Flufseisen, und zwar 121718 Pud Cementstahl, 162643 Pud Puddelstahl, 10935336 Pud Bessemerstahl, 26963550 Pud Martinstahl und 443240 Pud Tiegelstahl. Letzterer wird besonders in den kaiserlichen Waffenfabriken Obuchow bei St. Petersburg, Perm, Jzew im Gouvernement Wiatka und Slatoust im Gouvernement Ulfa in grofsen Mengen dargestellt.

Die russische Schienenfabrikation, die 1884 nur 5998617 Pud lieferte, erzeugte 1893 14088235 Pud. Die Giefsereien lieferten 1893 4975625 Pud Gufswaren, darunter 205683 Pud Artilleriebedarf und 335665 Geschirrgufs, der meistens emailliert wurde. Die Eisen- und Stahlfabrikate beliefen sich auf 6178043 Pud, darunter 1175076 Pud gezogener und 370985 Pud gewalzter Draht. Ferner wurden 575000 Flintenläufe, 471629 Flintenkasten, 44569 scharfe Waffen u. s. w. angefertigt. Auch die Fabrikation von Sensen hatte zugenommen. Bei dem Kleineisengewerbe[1]), das seinen Sitz besonders im mittleren Rufsland, im Gebiete der grofsen Eisenmärkte Moskau und Nischnij-Novgorod hatte, herrschte noch vielfach die Hausindustrie, verbunden mit weitgehender Arbeitsteilung. Einzelne Ortschaften und Gebiete lieferten nur ein und denselben Artikel, den sie zu Markte brachten. Die Eisenarbeiter waren zu Schmiededorfgenossenschaften oder Kleinmeister-Gewerkschaften verbunden, die durch Händler ge-

[1]) Stahl und Eisen 1894, S. 1019.

Digitized by Google

meinschaftlich ein- und verkauften. Im Gouvernement Novgorod gab es Ortschaften, die nur Nägel schmiedeten, in Wiatka gab es Schmiedegenossenschaften, die nur Ketten und Anker machten, in Nischnij-Tagilsk Genossenschaften, die aus dem guten dort erzeugten Eisen nur Schaufeln, Bicken und Tröge schmiedeten. Diese Genossenschaften hatten freilich schwer zu kämpfen gegen die grofsen Fabriken, die überall entstanden. So gab es grofse Nagelfabriken in Petersburg und Riga, zwei Staatswerke für Kleineisenzeug für die Eisenbahnen zu Kolpinsk bei Petersburg und zu Wotkinsk in Perm nahe der Kama, welch letzteres auch Anker und Schiffsketten lieferte.

Verzinnte Blechteller und Blechbüchsen war ein wichtiger Artikel, der ebenfalls vielfach von Kleinmeistern durch Hausindustrie hergestellt wurde; so befafste sich die Ortschaft Kasimow im Gouvernement Riäsan ausschliefslich mit der Anfertigung von Eisen- und Stahlblechtellern. Im Gouvernement Moskau werden in ähnlicher Weise Tröge, Waschbecken, Brotschüsseln u. s. w. aus Eisenblech gefertigt. Für den enormen Bedarf von Weifsblechbüchsen für den Petroleumversand gestattete die Regierung die zollfreie Einfuhr von einer Million Pud Weifsblech in Batum. 1896 fand die altrussische Gewerbe- und Kunstausstellung in Nischnij-Nowgorod [1]) statt, die über das russische Eisengewerbe einen guten Überblick gewährte. Auf die Entwickelung des Kunstgewerbes hatte die Errichtung von Gewerbe- und Zeichenschulen einen günstigen Einflufs geübt und war die Kunstschmiederei sehr in Aufnahme gekommen. Die Ende der siebziger Jahre gegründeten Kunstwerkstätten leisteten Vortreffliches, was die Pariser Weltausstellung von 1900 glänzend bestätigte.

Ein wichtiger Fortschritt war der Erlafs eines Patentgesetzes, das am 20. Mai 1896 in Kraft trat. Der mächtige Aufschwung der russischen Eisenindustrie hielt bis Ende des Jahrhunderts in steigendem Mafse an, wie sich aus der Steigerung der Roheisenerzeugung ergiebt. Der Zuwachs betrug 1895 141539 Tonnen, 1896 157736 Tonnen, 1897 244966 Tonnen, 1898 366537 Tonnen, 1899 450252 Tonnen. In sämtlichen Hauptdistrikten entstanden neue Eisenwerke, namentlich hat der Bau der sibirischen Bahn die Anlage neuer Hüttenwerke veranlafst, wie z. B. das Schienenwalzwerk zu Bogoslowsk im Ural (Gouvernement Perm), wo der von Gorjainow verbesserte Martinprozefs mit Erfolg zur Einführung kam, und eine neue Schmelzhütte mit vier Holzkohlenhochöfen der Frau N. M. Poloozeff. Gebrüder

[1]) Stahl und Eisen 1896, S. 781.

Digitized by Google

Böhler & Co. in Wien vereinigten sich mit der Gesellschaft Wolgastahlwerke in St. Petersburg und bauten 1896 die Wolgastahlwerke bei Saratow, die Qualitätsstahl unter der Marke Wolga-Böhlerstahl auf den Markt brachten.

In Südrufsland sind die Gdanzewskihütte[1]), welche die erste elektrische Kraftübertragung hatte und die von den französischen Kapitalisten Pastor und Verdu gegründete Druschkowskihütte mit einem Bessemer- und einem Schienenwalzwerk, ferner die von dem deutschen Ingenieur Zix für eine russische Gesellschaft erbaute Donezko-Jurjewskihütte, die mit Langenschem Gasfang und mit Boecker-Cowperapparaten versehen ist, sowie endlich die neue von A. Philippart erbaute Petrowskihütte der russisch-belgischen Metallgesellschaft zu nennen. Mit Anthrazit gehen nur die Hochöfen von Sulin, die 1900 unter der Leitung von Oscar Simmersbach standen.

Am Asowschen Meer entwickelte sich eine neue Eisenindustrie, begründet auf den neuerschlossenen Brauneisenlagern bei Kertsch und den Steinkohlen des Donezbeckens. Es entstanden die Hütte bei Taganrog, das grofse Röhren- und Blechwalzwerk bei Mariupol, der Nicopol-Mariupolschen Bergbau- und Metallurgischen Gesellschaft gehörig, und das obenerwähnte Petrowskiwerk, das zwei Hochöfen, ein Bessemer- und ein Walzwerk umfafste. Diese Werke wurden 1896 und 1897 nach den neuesten Grundsätzen erbaut. In Südrufsland errichtete die Jusowsche Eisenhütte ein grofses Bessemerwerk; bei Konstantinowka entstand ein neues Walzwerk für Dachbleche. Diese Neuanlagen waren meist von Ausländern, namentlich von Belgiern ins Leben gerufen. Neuerdings (1899) hat die belgische Gesellschaft Providence den Bau eines neuen Eisenwerkes bei Kertsch[2]) begonnen, wo reiche Erzlager glänzende Aussichten eröffnen. In den 14 Jahren vor 1899 hat sich die Zahl der Hochöfen im Donezbecken von 3 auf 34 erhöht. In Südrufsland entwickelte sich die Eisenindustrie am raschsten und am grofsartigsten. Die Roheisenerzeugung stieg von 1890 bis 1899 von 219782 Tonnen auf 1262063 Tonnen. Bereits im Jahre 1895 überflügelte die Roheisenerzeugung Südrufslands die des Ural. Letztere nahm von 1890 bis 1899 von 393325 Tonnen bis 785947 Tonnen zu. Indem man diese Zahlen mit den Erfolgen Südrufslands verglich, hat man öfter den uralischen Eisenindustriellen den Vorwurf gemacht, sie seien zurückgeblieben und ruhten sich auf ihren Staatsprivilegien aus. Man mufs aber

---

[1]) Stahl und Eisen 1898, S. 764.

[2]) Eine schöne Abbildung desselben, siehe Stahl und Eisen 1901, S. 165.

Digitized by Google

wohl bedenken, wie verschieden die Grundbedingungen der Eisenindustrie beider Gebiete waren; in Südrufsland nur neue, mit allen modernen Verbesserungen ausgestattete Werke mitten im Steinkohlengebiet gelegen, im Ural meist alte Holzkohlenhütten, die infolge des schwierigen Kohlenbezugs zu kämpfen hatten, um ihren Betrieb in vollem Umfange aufrecht zu erhalten und wovon die meisten an eine Vergröfserung nicht denken konnten. Wenn man dies erwägt, wird man die von den uralischen Werken erzielte Produktionssteigerung für recht beträchtlich halten müssen. Die südrussischen Werke beuteten die Erzschätze des Landes rücksichtslos aus, so dafs die reichen Lager von Krivoi-Rog, dem wichtigsten Erzvorkommen jenes Gebietes, in etwa 15 Jahren [nach den neuesten Aufschlüssen in 30 Jahren [1])] erschöpft sein werden. Seit 1900 machen sich denn auch die Folgen der Überproduktion in empfindlicher Weise geltend. Am Ural verbietet die Erhaltung des Waldes eine solche Ausbeutung. Dadurch werden die Erzschätze geschont und der Ural kann um so hoffnungsvoller in die Zukunft blicken, als die sibirische Eisenbahn sein Absatzgebiet bedeutend erweitert. So hat sich beispielsweise der Bedarf des spezifisch russischen Artikels „Dacheisen“ durch die Einwanderung nach Sibirien in den letzten Jahren sehr gesteigert. Zur Ausbeutung der sibirischen Eisenerzlager hat sich bereits eine englische Gesellschaft gebildet. Die Bjeloretzker Gesellschaft hat im Südural fünf, die Ural-Wolga-Gesellschaft drei Hochöfen erbaut. Creusot hat in Verbindung mit der Pariser- und der Niederländischen Bank eine Eisengiefserei und Lokomotivfabrik in Kasan gegründet. Die südrussischen und die uralischen Erze sind so rein und phosphorarm, dafs sich das aus ihnen erblasene Roheisen sehr gut zum Bessemer- und mehr noch zum Siemens-Martinprozefs eignet, während für den Thomasprozefs die Vorbedingungen fehlen und ein Bedürfnis nicht vorhanden ist. Letzterer hat dagegen in Polen, wo man deshalb auch alte Frischschlacken im Hochofen mit verschmilzt, Boden gewonnen. Die Eisenindustrie des centralen Rufsland hat durch die Entdeckung und Ausbeutung ausgedehnter Eisenerzlager in den letzten Jahren einen neuen Aufschwung genommen. Bis 1897 wurden die Hochöfen nur mit Holzkohlen betrieben, seitdem sind aber zwei grofse Kokshochöfenanlagen in Tula und Lipetzk entstanden. Beide arbeiten mit Donezkoks. Die beiden ersten Kokshochhöfen wurden zu Tula 1897 und 1899 erbaut. Sie haben 20 m Höhe und etwa 400 cbm Inhalt. Die Hoch-

---

[1]) Stahl und Eisen 1900, S. 861.

Digitized by Google

öfen von Lipetzk, deren Bau 1900 begonnen wurde, sind 25 m hoch mit 600 cbm Inhalt. Da die Holzkohlenpreise infolge der fortschreitenden Entwaldung immer höher werden, sind die Aussichten der Kokshochöfen günstig, obgleich die grofsen Anlagen zunächst eine Überproduktion befürchten lassen. Eine wachsende Bedeutung haben die Naphtarückstände von Baku als Brennmaterial gefunden. Die sogenannte Forsunkafeuerung (siehe S. 418) hat sich namentlich auch für den Martinbetrieb bewährt.

Werfen wir noch einen Blick auf die Eisenindustrie Finnlands, so hat dieses altheimische Gewerbe keine grofsen Fortschritte in der Gesamterzeugung, wohl aber mancherlei Verschiebungen zu verzeichnen. Die Roheisengewinnung beruht noch in der Hauptsache auf der Gewinnung der See- und Sumpferze, erst seit 1889 begann eine allmählich wachsende Einfuhr von schwedischen Bergerzen. 1873 wurden in 22 Hochöfen 82429 Tonnen See- und Sumpferze zu 28665 Tonnen Roheisen verschmolzen; 1896 schmolzen 13 Öfen 25070 Tonnen Roheisen und zwar vier Hochöfen im Westen Skogby, Trollshofda, Dahlsbruck und Tykö 16706 Tonnen schwedische Stückerze, während ein Ofen im Westen und acht Öfen im östlichen Finnland 46058 Tonnen Seeerze, erstere erzielten 52 Prozent, letztere 37 Prozent, ausbringen. Von den früher zahlreichen Stücköfen war 1896 nur noch einer zu Kimiki im Betrieb, der 90 Tonnen direkt erzeugtes Schmiedeeisen lieferte. Der Husgavfelofen war längst eingegangen. Die Herdfrischerei war ebenfalls zurückgegangen und lieferte 1896 nur noch 3291 Tonnen Stabeisen, während die Puddeleisenerzeugung auf 12685 Tonnen gestiegen war. Daneben gab es drei Martinstahlwerke, Äminnefors, Dahlsbruck und Wartsilä, die 5657 Tonnen Flufseisen schmolzen. Die Erzeugung von Schwarzschmiedewaren hatte zugenommen und belief sich 1896 auf 4985 Tonnen, wovon der gröfste Teil aus Nägeln bestand. Von diesen waren nur noch etwa 25 Tonnen mit der Hand geschmiedet, während die übrigen Maschinennägel waren. Die Giefserei war in Finnland verhältnismäfsig bedeutend und lieferte 1896 7594 Tonnen Gufswaren.

Der grofse Aufschwung der russischen Eisenindustrie findet deutlichen Ausdruck in der Zunahme des Verbrauches auf den Kopf der Bevölkerung. Dieser stieg von 1893 bis 1898, also in sechs Jahren, von 13,1 auf 25,1 kg pro Kopf. Trotz der grofsen Produktionssteigerung genügte die eigene Erzeugung nicht zur Deckung des Bedarfes und mufste die Differenz durch Einfuhr ausgeglichen werden. Diese Einfuhr war schwankend, sie erfuhr im ganzen eine Zunahme, blieb aber

Digitized by Google

gegen die Zunahme der eigenen Erzeugung zurück, so dafs sie prozentual zurückging, weil ein wachsender Teil des Bedarfes durch die eigene Produktion ersetzt wurde. Die Einfuhr erfolgte wie seit vielen Jahrzehnten in erster Linie von England zur See und von Deutschland auf dem Landwege. Aber erst durch den russisch-deutschen Handelsvertrag von 1894 hörte die ungleiche Behandlung auf, indem der Einfuhr zu Land die gleichen Zölle wie der Einfuhr zur See zugestanden wurden, während bis dahin letztere bevorzugt und erstere mehr belastet war.

Die nachfolgende Zahlengeschichte der russischen Eisenindustrie wird in gedrängter Form ein besseres Bild der Entwickelung in diesem Zeitraum geben als eine weitläufige Worterklärung.

Zahlengeschichte der Eisenindustrie Rufslands seit 1870.

Kohlenförderung in 1000 Tonnen.

Jahr	Südrufsland	Ural	Polen	Mittelrufsland	Übriges Rufsland	Zusammen
1855	73,71	7,37	72,90	—	1,10	155,08
1860	98,28	6,72	176,90	10,32	7,53	299,75
1865	160,52	12,61	175,26	22,44	11,02	381,66
1870	255,52	6,39	327,60	83,54	22,47	694,52
1875	841,92	20,99	409,50	386,56	69,43	1708,40
1880	1114,37	118,22	1285,00	411,42	60,07	3289,08
1881	1495,37	164,30	1405,00	383,72	45,37	3493,84
1882	1740,37	200,71	1381,34	399,62	48,61	3770,70
1883	1757,85	125,65	1677,23	372,33	43,94	3977,00
1884	1663,30	126.50	1693,52	393,14	50,73	3931,19
1885	1882,80	178.13	1790,04	348,91	68,67	4268,55
1886	2108.33	209,77	1966,54	256,38	35,54	4576,56
1887	2055,43	163,34	1984,54	288,11	42,58	4534,00
1888	2240,11	150,20	2413,67	276,25	105,67	5185,90
1889	3110,00	262,73	2475,06	306,25	60,53	6214,57
1890	3001,55	249,35	2469,96	233,71	60,06	6014,63
1891	3137,70	245,50	2601,60	180,53	67,10	6232,43
1892	3571,75	252,86	2882,73	179,70	59,68	6946,72
1893	3928,36	260,26	3167,20	179,20	569,58	8104,30
1894	4769,78	278,46	3276,80	171,99	276,57	8761,60
1895	4936,87	257,17	3681,64	166,39	56,93	9099,00
1896	5025,38	327,60	3663,25	157,84	203,53	9377,60
1897	6684,67	370,18	3764,55	157,25	227,15	11203,80
1898	7446,33	329,24	4089,50	156,43	836,80	12858,30
1899	8427,60	360,36	3971,91	155,61	188,25	13104,00
Prozent	64,31	2,75	30,31	1,18	1,45	100,00

Digitized by Google

Steinkohlenförderung nach Sorten in Tonnen.

	1887	1888
Steinkohlen	4 035 487	4 627 901
Anthracit	454 645	516 452
Lignit	43 855	41 455

Eisenerzförderung in Tonnen.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1870	799 000	1886	1 162 766	1895	2 821 267
1872	971 634	1887	1 355 606	1896	3 130 000
1875	1 064 000	1890	1 825 986	1897	4 024 000
1880	1 024 000	1893	2 199 754	1898	4 871 000

Eisenerzförderung nach Gebieten in Tonnen[1]).

	1886	1890	1893
Finnland	24 682	51 250	53 825
Nordrufsland (Olonez)	7 118	9 364	10 385
Polen	125 640	219 678	230 303
Mittelrufsland	117 002	201 277	208 419
Ural	784 952	902 795	1 028 435
Südrufsland	92 414	377 167	647 944
Kaukasus	—	5 199	6 717
Sibirien	6 958	12 464	14 726
Zusammen	1 162 766	1 825 985	2 199 754

Eisenerzförderung von Krivoi-Rog von 1895 bis 1899 in 1000 Tonnen.

Jahr	Kilotonnen	Prozente der Gesamtförderung Südrufslands
1895	920	96,5
1896	1156	92,8
1897	1755	91,3
1898	1975	93,0
1899	2615	86,2

[1]) Siehe Wedding, Eisenhüttenkunde I, S. 183.

Digitized by Google

Überblick der Roheisenerzeugung seit 1825.

1825	157 977	1865	299 435
1835	172 008	1875	429 185
1845	187 266	1885	527 527
1855	250 788	1895	1 454 298
1900	2 887 000		

Roheisenerzeugung 1871 bis 1899 in Tonnen[1]).

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1871	360 730	1880	448 596	1890	926 455
1872	365 919	1881	469 164	1891	1 004 745
	(359 277)	1882	478 904	1892	1 050 279
1873	387 940		(462 902)	1893	1 160 736
1874	379 060	1883	479 753	1894	1 312 759
1875	427 187	1884	510 009	1895	1 454 298
	(429 185)	1885	527 527	1896	1 622 034
1876	441 914 [2])	1886	532 114	1897	1 882 000
1877	400 084	1887	612 437	1898	2 223 534
1878	417 632	1888	666 922	1899	2 673 786
1879	432 997	1889	740 053		(2 703 890)

Roheisenerzeugung in 1000 Tonnen.

Jahr	Ural	Mittel-rufsland	Süd-rufsland	Polen	Nord-rufsland	Sibirien	Finnland	Zu-sammen
1880	301,50	53,65	21,16	44,35	3,18	4,26	21,07	449,17
1881	312,60	55,50	25,44	48,65	1,98	4,35	21,02	469,54
1882	302,40	54,40	25,45	43,72	1,65	6,23	22,14	455,99
1883	323,10	56,00	31,77	45,41	2,75	6,10	16,63	481,76
1884	342,40	60,00	32,48	42,54	2,69	7,94	21,53	509,58
1885	353,60	59,80	36,12	45,70	2,44	6,95	22,93	527,54
1886	343,20	65,40	50,04	49,25	2,54	6,87	14,86	532,16
1887	383,80	71,65	68,12	64,42	1,92	6,59	16,06	612,56
1888	393,80	75,45	89,00	83,05	1,84	4,84	19,04	667,02
1889	405,00	83,70	138,70	92,37	1,79	5,13	13,43	740,12
1890	453,80	94,25	219,80	127,30	2,13	7,20	22,11	926,59
1891	490,20	101,10	253,20	127,30	3,12	8,41	21,47	1004,88
1892	501,60	105,40	281,60	151,10	3,44	6,41	22,52	1072,07
1893	506,50	117,50	328,30	165,60	3,18	7,97	20,86	1149,01
1894	542,70	126,20	448,50	181,50	4,15	8,84	20,85	1332,74
1895	542,20	126,20	557,70	190,90	2,94	9,63	22,85	1452,42
1896	584,20	137,50	641,70	222,50	4,85	7,43	22,92	1621,10
1897	666,70	178,00	759,30	229,20	5,70	10,63	30,88	1880,41
1898	713,20	180,40	1005,30	263,20	26,40	10,00	21,29	2219,85
1899	734,50	243,30	1354,00	308,70	32,07	10,00	21,32	2703,89
Prozent	27,16	9,00	50,10	11,40	1,18	0,37	0,79	100,00

[1]) Die Abweichungen der Zahlen liegen teils an den Quellen, teils an der Umrechnung.

[2]) Davon 16 730 Tonnen mit Koks.

Digitized by Google

Roheisenerzeugung von 1877 bis 1891 nach Herkunft in Tonnen.

	1877	1878	1879	1880	1881
Staatswerke	39 004	45 518	44 750	41 527	59 875
Kaiserl. Kabinettswerke	1 009	1 008	985	593	492
Privatwerke:					
Ural	232 027	249 433	268 412	267 829	261 044
Centrum (Moskau)	46 181	45 730	53 401	53 642	54 484
Süd- und Südwestrufsland	26 134	26 550	17 126	20 791	25 335
Sibirien	5 551	4 135	2 985	3 659	3 841
Polen	28 233	31 088	27 765	39 113	41 304
Nordrufsland (Olonetz)	693	495	749	—	—
Finnland	20 891	13 331	16 588	21 047	21 000
Zusammen	399 723	417 288	432 681	448 201	467 875

	1882	1883	1884	1885	1886
Staatswerke	53 046	55 355	55 354	59 931	56 532
Kaiserl. Kabinettswerke	1 459	1 100	2 429	2 244	3 273
Privatwerke:					
Ural	256 531	272 292	292 873	300 842	291 638
Centrum (Moskau)	54 397	55 990	59 983	59 765	65 862
Süd- und Südwestrufsland	32 838	32 565	32 270	36 736	50 409
Sibirien	4 770	4 992	5 495	4 794	3 078
Polen	55 143	40 856	38 606	40 408	46 383
Nordrufsland (Olonetz)	—	—	—	—	—
Finnland	20 720	16 602	21 499	22 897	14 839
Zusammen	478 904	479 752	510 009	527 527	532 114

	1887	1888	1889	1890	1891
Staatswerke	55 624	62 070	58 216	68 151	68 798
Kaiserl. Kabinettswerke	2 915	1 684	2 217	2 612	3 032
Privatwerke:					
Ural	333 543	338 229	352 788	393 325	429 230
Centrum (Moskau)	71 647	75 442	83 663	94 246	101 185
Süd- und Südwestrufsland	68 115	86 987	138 706	219 782	253 183
Sibirien	3 662	3 150	2 903	4 569	5 377
Polen	60 893	78 338	88 139	121 604	122 380
Nordrufsland (Olonetz)	—	—	—	83	111
Finnland	16 038	19 022	13 421	22 083	21 449
Zusammen	612 437	666 922	740 053	926 455	1 004 745

Digitized by Google

Roheisenhütten und Hochöfen 1886.

	Hütten	Zahl der Hochöfen	Hochöfen in Betrieb	Produktion Tonnen
Ural	61	106	46	343 171
Centrum	23	33	31	65 362
Polen	20	22	16	48 880
Süd- und Südwestrufsland	7	10	3	50 409
Nordrufsland	3	4	} 11	2 588
Sibirien	4	6		6 866
Finnland	10	11		14 338
Zusammen	128	192	107	532 114

1893.

	Werke	Zahl der Hochöfen			Erzeugung
		mit kaltem Wind	mit heifsem Wind	Zusammen	Tonnen
Ural	62	27	73	100	506 924
Centrum	27	1	41	42	117 588
Polen	23	2	27	29	164 984
Süd- und Südwestrufsland	9	3	15	18	328 656
Sibirien	3	3	—	3	3 116
Nordrufsland	4	4	1	5	7 052
Finnland	13	3	11	14	20 828
Nordwestrufsland	1	1	—	1	721
Zusammen	142	44	168	212	1 149 869

Öfen und Erzeugung nach dem Brennmaterial 1893.

Brennmaterial	Zahl der Hochöfen	Erzeugung Tonnen	Jahres-durchschnitt pro Ofen
Holz und Holzkohle	191	681 000	3 444
Koks	19	418 000	22 960
Gemischt	2	33 000	16 236

Erzeugung von Holzkohlenroheisen im Ural und Centrum in Tonnen.

1890	548 042	1894	657 411
1891	591 318	1895	671 211
1892	606 928	1896	716 424
1893	626 961		

Erzeugung von Koksroheisen in Südrufsland in Tonnen.

1890	219 787	1894	434 643
1891	253 186	1895	552 272
1892	281 736	1896	638 744
1893	324 357		

Digitized by Google

Zahl der Hochöfen und Roheisenerzeugung nach dem Brennmaterial in Tonnen.

Jahr	Zahl der Hochöfen			mit Holzkohlen	mit Steinkohlen (Koks)	mit gemischtem Brennstoff	Zusammen
	mit kaltem Wind	mit heifsem Wind	Zusammen				
1876	—	—	282	425 341	16 751	—	442 092
1881	—	—	196	433 204	36 292	—	469 496
1882	110	90	200	421 911	44 612	—	466 523
1883	106	96	202	436 004	44 981	—	480 985
1884	91	107	198	464 009	45 591	499	509 510
1885	88	107	195	469 461	49 198	8 867	527 526
1886	65	107	192	444 604	67 859	19 592	532 095
1887	70	119	189	494 427	98 130	19 879	612 436
1888	67	133	200	509 150	135 425	22 348	666 923
1889	74	139	213	517 654	196 039	26 360	740 053
1890	69	145	214	611 410	299 400	15 644	926 454
1891	70	152	222	668 673	321 118	14 951	1 004 742
1893	54	168	222	679 944	437 716	32 310	1 149 970

Gufswaren II. Schmelzung in Tonnen.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1871	31 701	1877	54 661	1883	57 353
1872	33 390	1878	53 197	1884	60 691
1873	40 196	1879	51 783	1885	57 535
1874	—	1880	52 556	1886	63 486
1875	42 000	1881	50 037	1887	58 899
1876	48 917	1882	54 619		

Artilleriematerial von den Hütten 1886.

Slatusk	981	Tonnen
Kussinsk	91	"
Satkin	275	"
Werschne-Turin	1917	"
Barutschin	2435	"
Perm	246	"
Lugan	799	"
Alexandrowsk (Olonetz)	2187	"
Putilow	246	"
	9177	Tonnen

Übersicht der Schweifseisenerzeugung von 1837 bis 1870 in Tonnen.

1837 bis 1840	111 114	1856 bis 1860	191 354
1841 „ 1845	125 038	1861 „ 1865	184 328
1846 „ 1850	143 369	1866 „ 1870	216 092
1851 „ 1855	176 942		

Schweifseisenerzeugung von 1871 bis 1898 in Tonnen.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1871	249 285	1881	292 446	1891	448 022
1872	254 011	1882	297 571	1892	451 107
1873	255 491	1883	322 799	1893	436 000
1874	299 496	1884	362 231	1894	459 206
1875	304 060	1885	362 282	1895	464 810
1876	292 939	1886	382 995	1896	502 243
1877	266 614	1887	369 690	1897	500 000
1878	273 738	1888	364 861	1898	499 300
1879	280 343	1889	431 266		
1880	292 304	1890	433 173		

Schweifseisenerzeugung nach Werken und Gebieten von 1877 bis 1891 in Tonnen.

	1877	1878	1879	1880	1881	1882
Staatswerke	15 900	9 617	10 922	9 986	12 655	8 398
Kaiserl. Kabinettswerke	527	685	759	816	278	365
Privatwerke:						
Ural	150 744	157 488	164 604	169 518	169 931	163 916
Moskau (Centrum)	26 660	31 132	32 478	37 758	33 034	44 947
Polen	17 036	20 766	18 727	19 697	22 918	24 872
Süd- u. Südwestrufsland	22 451	18 207	15 996	13 989	9 320	10 986
Nordrufsland	48 000	22 411	20 630	21 796	27 118	24 896
Sibirien	3 211	2 939	2 624	3 093	2 464	2 552
Finnland	11 905	10 269	13 372	15 411	14 487	16 394
Zusammen	266 434	273 514	280 112	292 064	292 205	297 326

	1883	1884	1885	1886	1890	1891
Staatswerke	11 877	15 311	16 197	14 289	19 455	24 712
Kaiserl. Kabinettswerke	230	724	1 056	1 266	1 493	1 529
Privatwerke:						
Ural	174 572	184 183	182 538	187 483	223 656	226 066
Moska (Centrum)	43 749	45 346	34 357	27 055	50 494	51 626
Polen	32 694	57 308	68 751	75 116	67 762	55 732
Süd- u. Südwestrufsland	6 930	10 091	12 478	14 039	25 859	34 945
Nordrufslaud	32 489	28 134	25 190	31 406	29 362	35 185
Sibirien	2 294	2 680	2 505	2 338	2 844	3 135
Finnland	17 964	18 454	19 210	10 003	12 248	15 092
Zusammen	322 799	362 231	362 282	382 995	433 173	448 022

Digitized by Google

Schweifseisenerzeugung in Tonnen nach Gebieten.

(Andere Gruppierung.)

	1886	1893	1894	1895 (Fabrikate)	1897	1898
Ural	200 161	222 208	262 784	227 613	255 000	253 000
Centrum (Moskau)	27 060	61 949	65 782	46 292	56 000	64 200
Nordrufsland (St. Petersburg)	31 410	27 649	27 275	41 062	50 000	60 100
Süd- und Südwestrufsland	14 047	33 038	33 301	43 451	35 000	42 500 1 700
Polen	76 710	57 038	61 965	63 524	88 000	64 500
Sibirien	3 604	4 260	5 130	?	4 000	1 800 1 000 (Kabinett)
Finnland	10 003	12 430	11 470	?	12 000	10 500

Schweifseisenerzeugung nach Sorten in Tonnen.

	1879	1886	1887	1888	1889	1890	1891
Stabeisen	206 638	248 980	257 273	260 599	295 461	292 574	303 759
Bleche und Platten	69 358	92 082	91 916	82 062	96 599	94 432	93 378
Schienen und Träger	6 131	18 337	20 211	21 337	23 844	23 739	24 273
Draht	1 899	—	—	—	—	—	—

1886.

Frischeisen	78 007	Tonnen
Puddeleisen	373 419	"
Luppen-Rohschienen	451 426	Tonnen
Fertigfabrikate	363 002	"

Schweifseisen- und Flufseisenerzeugung in Tonnen.

Jahr	Schweifseisen-Fertigfabrikate	Flufseisen-Fertigfabrikate zusammen	Flufseisen-Fertigfabrikate in Südrufsland	Flufseisen-Fertigfabrikate darunter Schienen zusammen
1880	292 064	295 568	—	201 385
1881	292 205	293 323	—	206 582
1882	297 326	247 669	24 043	153 264
1883	322 806	221 883	18 329	128 663
1884	362 229	206 965	21 207	98 257
1885	362 282	192 895	32 035	95 523
1886	363 003	241 791	46 118	114 001
1887	369 365	225 497	40 766	86 973
1888	364 542	222 289	39 400	63 029
1889	427 786	258 747	60 957	88 359
1890	433 173	378 424	115 373	166 108
1891	448 022	433 478	146 960	172 015
1892	497 412	371 199	150 000	185 585
1893	460 278	389 238	170 000	227 043
1894	451 662	492 874	198 441	242 506
1895	421 942	574 112	256 842	?

Digitized by Google

Rufslands Erzeugung an Fertigfabrikaten von Stahl-, Schweifs- und Flufseisen 1890 bis 1899 in Tonnen.

Jahr	Süd-rufsland	Ural	Polen	Central-rufsland	Nord-rufsland	Finnland	Sibirien	Zu-sammen
1890	108 800	266 900	105 300	112 500	82 100	14 600	4 300	694 500
1891	111 600	285 600	96 500	88 400	85 300	17 200	4 700	689 300
1892	197 500	303 200	130 500	107 100	106 200	16 500	4 800	865 800
1893	232 100	321 700	153 100	105 800	125 700	11 400	4 300	954 100
1894	240 000	338 600	159 100	118 400	125 600	13 700	5 200	1 000 600
1895	263 800	326 100	177 200	129 900	145 500	17 000	1 500	1 061 000
1896	372 700	351 200	214 500	86 500	171 500	19 000	4 600	1 220 400
1897	410 100	390 400	226 400	179 700	209 700	22 900	3 600	1 442 800
1898	627 300	384 100	252 400	178 000	189 500	11 200	3 000	1 645 600
1899	828 000	422 900	268 400	187 000	182 500	11 200	3 000	1 903 000

Schweifseisen- und Flufseisenerzeugung 1895 nach Gebieten.

	Schweifseisen-fabrikate	Flufseisen	
		Blöcke	Fabrikate
St. Petersburg	41 062	111 700	94 120
Ural	227 613	93 000	47 549
Moskau	46 292	94 600	59 839
Südrufsland	43 451	315 000	256 842
Weichselgebiet	63 524	153 000	107 509
Zusammen	421 942	770 000	565 859

Durchschnitts-Jahreserzeugung von Flufseisen und Stahl von 1847 bis 1870.

1847 bis 1850 . . . . 1025 Tonnen
1851 „ 1855 . . . . 1139 „
1856 „ 1860 . . . . 1701 „
1861 bis 1865 . . . . 2659 Tonnen
1866 „ 1870 . . . . 7313 „

Flufseisen- und Stahlerzeugung von 1871 bis 1900.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1871	7 253	1882	247 873	1893	389 238
1872	8 392	1883	221 883	1894	492 874
1873	8 951	1884	206 965	1895	574 116
1874	8 636	1885	192 895		(645 143)
1875	12 939	1886	241 791	1896	697 736
1876	17 956	1887	225 497		(720 000)
1877	44 309	1888	232 300	1897	868 000
1878	64 283	1889	263 732	1898	1 146 366
1879	210 177	1890	364 800	1899	1 250 000
1880	295 365	1891	423 478	1900	1 830 260
1881	297 564	1892	371 199		

Digitized by Google

Flufseisen- und Stahlerzeugung nach Gebieten in Tonnen.

	1886[1])	1891	1895		1897	
			Blöcke	Fabrikate	Blöcke	Fabrikate
Ural	37 943	49 064	93 000	47 549	156 000	112 000
Centrum (Moskau)	29 131	81 337	94 600	59 839	117 000	108 000
Polen	51 623	66 909	153 000	107 509	200 000	138 000
Südrufsland	46 118	146 960	315 000	256 000	500 000	366 000
Nordrufsland	74 059	78 508	111 700	94 120	180 000	138 000
Finnland	2 910	2 978	—		—	6 000
Sibirien	7	27	—	8 257 (Finnland bis Kabinettswerke)	—	—
Staatswerke	—	7 691	—		—	—
Kabinettswerke	—	4	—		—	—
Zusammen	241 791	433 478	770 000	574 116	1 153 000	868 000

Nach Sorten.

	1886	1890	1891
Frisch- und Puddelstahl	5 776	430	369
Bessemerstahl	67 833	118 287	132 253
Martinstahl	116 610	252 842	293 276
Cementstahl	1 620	1 446	1 771
Tiegelgufsstahl	4 477	5 418	5 809

Fabrikate.

	1882	1886	1890	1891
Schienen	153 264	114 601	166 108	172 015
Stangen	7 092	18 721	62 795	85 821
Bleche und Platten	5 614	9 219	20 905	36 012

Betriebsmittel und Erzeugung 1872.

Betriebsmittel.

Eisen und Stahlwerke	214
Hochöfen	222
Puddelöfen	401
Schweifs- und Glühöfen	644
Öfen ohne Angabe	20
Frischfeuer	895
Öfen für Stahlgufs (Tiegelöfen)	372
Kupolöfen	151
Flammöfen	83

Erzeugung in Tonnen.

Eisenerze	971 634
Roheisen	308 505
Gufs aus den Hochöfen	50 772
„ „ „ Cupolöfen	21 703
„ „ „ Flammöfen	8 700
„ ohne Angabe	2 161
Stab-, Form- u. Schieneneisen	203 442
Bleche und Platten	50 554
Stahl	7 244

[1]) 34 Hütten mit 17 Konvertern, 67 Martinöfen, 31 Cementöfen, 282 Tiegelöfen.

Digitized by Google

Erzeugung und Fabrikate 1886 in Tonnen.

Roheisen	532 095
Schweifseisen:	
gefrischt	78 007
gepuddelt	373 420
verarbeitet	363 003
hiervon:	
Stab- und Formeisen	248 000
Bleche	91 800
Platten (Kessel-, Schiffsbleche u. Panzerplatten)	19 600
Stahl	241 791
hiervon: Puddelstahl	5 776
Cementstahl	1 620
Tiegelstahl	4 476
Bessemerstahl	67 832
Martinstahl	116 616
Fabrikate:	
Gufs- u. Schweifseisenwaren	63 485
Emaill. Geschirre	1 444
Sonstige Waren aus Eisen und Stahl	51 775
Draht und Drahtnägel	14 087

Eisen- und Stahlerzeugung 1898 in Tonnen.

	Werke	Roheisen	Schweifseisen	Flufseisen und Stahl
Nordrufsland	13	26 500	60 100	129 600
Ural	106	713 800	253 000	131 100
Centrum (Moskau)	46	180 600	64 200	114 000
Südrufsland	15	1 003 100	42 500	583 200
Südwestrufsland	5	3 100	1 700	—
Polen	36	263 400	64 500	187 900
Sibirien (privat)	3	8 800	1 800	—
Kabinettswerke	—	1 800	1 000	—
Finnland	—	22 800	10 500	700
Zusammen	224	2 223 500	499 300	1 146 500

Kraftmaschinen für die Eisenwerke.

	1882		1891	
	Zahl	P. S.	Zahl	P. S.
Wasserräder	1547	27 097	910	19 993
Turbinen	163	8 261	384	19 357
Dampfmaschinen	726	31 432 (Dampfmaschinen und Lokomobilen zusammen)	980	64 894
Lokomobilen	74		169	3 064

Zahl der Berg- und Hüttenarbeiter.

	1886	1890
Ural	145 910	165 057
Centrum (Moskau)	21 157	25 754
Polen	11 021	11 376
Süd- und Südwestrufsland	5 956	15 698
Nordrufsland	9 382	10 652
Sibirien	2 380	1 930
Finnland	1 652	3 177
Zusammen	197 458	233 644

Digitized by Google

Grofsfürstentum Finnland.

	1873	1880	1894
Zahl der Hochöfen	22	15	13
„ „ Puddelwerke	14	8	25 (Puddelwerke und Frischhütten zusammen)
„ „ Frischhütten	18	30[1]	
„ „ Manufakturwerke	39	38	—
Erzeugung in Tonnen:			
See- und Sumpferze	82 429	44 000	43 486
Roheisen	28 665	26 419	21 174
Puddeleisen	17 388 (Puddeleisen, Frischeisen, Bleche und Stahl zusammen)	17 131	9 835
Frischeisen		18 150	3 572
Bleche		24	—
Stahl		633	2 732
Manufaktureisen:			
Feineisen	3 800 (Feineisen und Nägel zusammen)	757	3 227 (Feineisen und Nägel zusammen)
Nägel und Stifte u. s. w.		1 209	
Gufswaren	?	?	5 483

Finnland. — Eisenerzeugung in Tonnen.

	1884	1885	1886	1887	1888	1889
Verschmolzen: Bergerze	125,8	18,8	90,0	?	46,2	1 030,0
Seeerze	46 506,0	29 477,0	27 626,0	30 531,6	34 812,6	47 663,0
Erzeugt: Roheisen	22 706,3	23 914,8	17 383,6	19 882,0	19 685,0	15 060,0
Hiervon im ostfinnländischen Seeerzdistrikt	12 897,6	13 304,0	7 189,7	9 716,3	11 308,8	10 217,0
Rohschienen und Luppen	5 075,5	5 814,6	5 043,6	2 693,6	2 578,6	1 950,5
Stahl, Feineisen u. Bleche	18 535,4	17 387,4	9 994,0	10 793,5	10 134,7	11 664,1
Davon Frischeisen	4 988,8	5 074,0	3,521,3	3 492,5	3 372,4	3 558,6
Flufseisen und Stahl	1 415,4	3 556,0	2 909,2	2 344,6	1 384,8	978,4
Nägel	1 517,0	1 409,5	980,0	1 311,0	1 970,2	2 612,7
Schwarzschmiedewaren	1 017,6	959,7	758,4	602,5	524,4	614,5
Gufswaren	—	—	—	2 037,1	4 190,6	4 689,5

	1890	1891	1892	1894	1896
Verschmolzen: Bergerze	4 335,0	440,0	?	10 155,0	16 706,0
Seeerze	55 099,1	58 252,0	58 210,0	43 486,0	64 795,0
Erzeugt: Roheisen	23 748,5	23 074,0	24 167,2	21 174,1	25 070,0
Hiervon im ostfinnländischen Seeerzdistrikt	15 398,7	—	—	—	—
Rohschienen und Luppen	2 230,4	2 220,0	2 750,5	14 646,6	—
Stahl, Feineisen und Bleche	15 226,5	11 250,6	9 535,6	9 834,5	—
Davon Frischeisen	4 346,7	4 313,8	4 809,6	3 572,1	—
Flufseisen und Stahl	2 333,7	M. 3 032,0 B. 2 490,0	3 309,9 3 062,8	2 681,7	—
Nägel	3 157,0	2 164,7	—	3 978,0	—
Schwarzschmiedewaren	760,1	3 476,0 570 Blech	3 164,7	3 227,4	—
Gufswaren	4 961,4	6 828,0	5 966,0	5 483,4	—

[1]) Einschliefslich Blaseöfen und Walzwerke.

Digitized by Google

Aus- und Einfuhr von Steinkohlen und Koks in Tonnen.

Jahr	Ausfuhr	Einfuhr	
	Kohlen	Kohlen	Koks
1885	527	1 741 902	85 591
1886	2 456	1 754 064	104 830
1887	3 145	1 425 029	144 226
1888	15 576	1 582 076	160 122
1889	14 429	1 871 833	197 176

Einfuhr von 1876 bis 1898 in Tonnen.

Jahr	Roheisen	Schweifseisen	Stahl	Eisen- und Stahlfabrikate	Maschinen und Werkzeuge
1876	48 567	82 442	10 506	219 513	für 27 Millionen Rubel
1887	129 035	55 320	7 653	—	—
1890	126 332	96 322	16 782	—	—
1891	76 583	61 601	14 542	—	—
1892	81 300	49 300	14 100	(für 10,3 Mill. Rbl.)	(für 21,3 Mill. Rbl.)
1895	109 000	204 000	51 000	467 000	98 000
1896	90 000	254 000	61 000	497 000	86 000
1897	102 000	398 000		530 000	75 000
1898	100 000	375 000		841 000 [1])	185 700

Einfuhr und Ausfuhr in Tonnen.

Einfuhr.

	1876	1881	1884	1888	1890	1891	1899
Roheisen	48 567	234 300	284 100	75 276	126 444	76 583	136 858
Schweifseisen:							
Stabeisen, Abfalleisen	82 442	75 932	43 860	42 800	62 648	—	131 926
Bleche, Platten	32 068	30 176	36 240	22 790	32 800	—	128 770
Eisenschienen	26 731	9 500	1 700	1 960	7 708	—	3 912
Zus. Schweifseisen	141 231	115 608	81 800	67 550	103 156	61 601	264 608
Stahl und Flufseisen:							
Stangen-, Sortiment- und Abfallstahl	10 506	8 850	4 264	7 462	12 546	—	31 070
Stahlblech	3 224 [2])	1 474	1 230	1 963	1 522	—	7 841
Stahlschienen	158 490	13 440	2 180	212	1 688	—	8 300
Zus. Stahleinfuhr	172 220	23 764	7 674	9 637	15 756	14 542	47 211

[1]) In Roheisen umgerechnet.
[2]) Weifsblech.

Digitized by Google

Ausfuhr.

	1876	1881	1884	1888	1890	1891	1899
Bleche	97	1 965	2 375	785	1 392	779	—
Abfälle	—	3 145	2 640	1 000	1 752	1 649	—
Andere Eisensorten	14 043			1 720	1 868	2 360	—
Zus. Ausfuhr	14 140	5 110	5 015	3 505	5 012	4 784	4 095

Ein- und Ausfuhr nach Wert in 1000 Mark 1899 bis 1900.

	1899		1900	
	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr
Eisen und Eisenwaren	56 493	1 946	54 213	1 888
Maschinen, Fahrzeuge, Instrumente	48 736	4 487	39 905	2 174

Einfuhr 1892 in Tonnen.

	Roheisen	Schmiedeeisen	Stahl und Flufseisen
Im ganzen	81 300	49 300	14 100
Hiervon aus Grofsbritannien	62 130	7 500	7 200
„ Deutschland	9 700	24 800	4 700
„ Belgien	1 500	4 500	750
„ Schweden	1 000	1 630	200
„ Österreich	300	110	310

Einfuhr aus Grofsbritannien und Deutschland 1888 und 1889.

	Roheisen		Schweifseisen		Stahl u. Flufseisen	
	1888	1889	1888	1889	1888	1889
aus Grofsbritannien	41 000	85 440	16 150	18 540	2 830	3 620
„ Deutschland	13 380	21 650	17 400	38 380	4 580	6 130

Einfuhr 1897 in Tonnen.

Roheisen	98 700	Stahlschienen	11 768
Stabeisen	158 400	Stahlblech	22 796
Eisenschienen	328	Fabrikate	53 956
Eisenblech	146 600	Maschinen u. Apparate	116 440
Stahl in Stäben	52 316		

Digitized by Google

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Einfuhr aus Grofsbritannien und Deutschland 1889 und 1897 in Tonnen.

	1889		1897	
	Grofsbritannien	Deutschland	Grofsbritannien	Deutschland
Roheisen	62 224	27 295	64 970	7 868
Schmiede- und Formeisen	3 107	37 726	3 253	135 342
Schienen	5 468	515	7 400	9 671
Eisen- und Stahldraht	—	530	—	2 370
Reifen, Bänder, Bleche und Platten	10 636	13 925	6 285	60 090
Weifsblech und verzinkte Bleche	4 179	24	33 208	556
Alteisen	—	62	—	125
Gufs- u. andere Eisenwaren	5 959	15 274	5 910	146
Stahl	—	—	49 216	32 283
Maschinen	für 1 177 819 £	11 635	für 1 565 000 £ (geschätzt)	41 509

Roheisenerzeugung, Einfuhr und Verbrauch in Tonnen.

	1893	1994	1895	1896
Roheisenerzeugung	1 160 737	1 312 709	1 454 298	1 612 021
Eiseneinfuhr	160 508	154 643	132 776	75 217
Zusammen	1 321 244	1 477 402	1 587 074	1 687 238
Verbrauch nach Umrechnung auf Roheisen	1 679 000	2 093 000	2 234 000	2 415 000
Verbrauch pro Kopf der Bevölkerung in kg	13,1 (9,6)	17,1 (14,8	18,5	18,8
Produktion pro Kopf der Bevölkerung	8,2	9,9	12,0	13,2

	1897	1898	1899
Roheisenerzeugung	1 868 000	2 223 000	2 783 000
Eiseneinfuhr	102 000	941 000	894 310
Zusammen	1 970 000	3 164 000	3 677 310
Verbrauch nach Umrechnung auf Roheisen	2 725 000	—	—
Verbrauch pro Kopf der Bevölkerung in kg	21,5	25,1	28,8
Produktion pro Kopf der Bevölkerung	15,9	17,5	21,1

Digitized by Google

Eisenverbrauch 1900.

Einwohnerzahl in Millionen	132	
1. Hochofenproduktion	2926	Kilotonnen
2. Einfuhr:		
a) Roheisen, Brucheisen	53	"
b) Eisen und Eisenwaren	332	"
Auf Roheisen berechnet 33⅓ Prozent mehr	111	"
Zusammen Einfuhr (1 + 2)	496	Kilotonnen
Insgesamt Produktion und Einfuhr	3422	"
3. Ausfuhr:		
a) Roheisen, Brucheisen	—	"
b) Eisen und Eisenwaren	4	"
Auf Roheisen berechnet	1	"
Insgesamt Ausfuhr	5	Kilotonnen
Einheimischer Verbrauch (1 + 2 — 3) .	3417	"
Pro Kopf Kilo	25,9	"
Eigene Produktion pro Kopf Kilo . .	22,2	"

Italien.

Italiens Eisenindustrie hatte schon seit Jahrhunderten an dem Mangel an Brennstoff gelitten; da die Natur dem Lande aber auch den Besitz von Steinkohlen versagt hat, so mufste Italien in dem Wettbewerb der modernen Industrie im Rückstande und in Abhängigkeit von den steinkohlenreichen und Eisen ausführenden Ländern bleiben. Demungeachtet bietet die Entwickelung seit 1870 manches Interessante dar, da sowohl Private als auch die königliche Regierung bemüht waren, eine nationale Eisenindustrie zu erhalten und neu zu gründen.

Das nördliche Italien ist nicht arm an guten Eisenerzen. Von ältester Zeit berühmt sind die reichen Erze der Insel Elba, aber auch die Berge Toskanas, die Insel Sardinien, sodann in der Lombardei die Thäler in dem bergamaskischen Gebiete und in Piemont das Thal von Aosta enthalten altbekannte Eisenerzablagerungen. Nach diesem Vorkommen zerfällt die Eisenindustrie Italiens in verschiedene Gruppen, von denen zwei von hervorragender Bedeutung sind, die lombardische und die elbanische. Schon vor 1870 wurde der gröfste Teil der Erze von Elba nach dem Auslande verschifft, während nur der kleinere Teil, etwa ein Drittel, im Inlande verschmolzen wurde. Dies geschah zum Teil noch in Rennfeuern an der ligurischen Küste, hauptsächlich aber in einigen Hochöfen an der Küste Toskanas mit Holzkohlen. 1870

Digitized by Google

wurden drei Hochöfen in der Maremma von Toskana, zwei im Thale von Aosta und 11 in den Waldthälern der Lombardei, die zusammen etwa 220000 Centner Roheisen erzeugten, betrieben. Das Roheisen wurde meistens in Frischherden zu Eisen und Stahl in Stäben und diese weiter zu Draht, Waffen, Gewehrläufen, Kugeln, Werkzeugen u. s. w., deren Gewicht auf etwa 180000 Centner geschätzt wurde, verarbeitet. Aufserdem wurden etwa 200000 Centner Eisen und Stahl in Stäben und Fabrikaten aus altem und fremdem Eisen hergestellt. Der Wert der Erzeugnisse der Eisenindustrie betrug etwa 20 Millionen Lire.

Die jährliche Einfuhr, gröfstenteils aus England, stellte sich damals, d. h. im Durchschnitt der Jahre 1867 bis 1870, wie folgt:

Roheisen in Masseln	170000	Centner
„ „ Gufswaren	60000	„
Schweifseisen I, Verarbeitung in Stäben und Blechen	470000	„
Schweifseisen II, Verarbeitung in verschiedene Gegenstände	85000	„
Stahl in Stangen	25000	„
Eisenbahnschienen	90000	„

Der Wert dieser Einfuhr betrug etwa 36 $^1/_2$ Millionen Lire.

Geringwertiges Eisen wurde Anfang der siebziger Jahre hier und da noch in Rennfeuern direkt aus den Erzen gewonnen. Das aus dem Roheisen gefrischte Eisen war von guter, zum Teil von vorzüglicher Qualität, so war z. B. Eisen und Stahl von Lovere für Gewehrläufe, Federn, Draht und Werkzeuge geschätzt. Das Frischen geschah meistens in Herden. Zum Schweifsen waren einige Siemensgasöfen vorhanden. Mit der Verarbeitung des Eisens, meistens in kleinen Werkstätten in der Lombardei, in Toskana, Piemont, Ligurien u. s. w. waren 9700 Arbeiter beschäftigt. Die Jahre 1870 bis 1873 brachten auch für die italienische Eisenindustrie einen Aufschwung. Die Erzförderung auf Elba betrug 1872 126075 Tonnen[1]), die gesamte Erzeugung von Roheisen, Schweifseisen und Stahl aus inländischen und ausländischen Eisen 73720 Tonnen. In der Lombardei wurden 1872 in 21 kleinen Hochöfen 10095 Tonnen Roheisen erblasen. Im ganzen zählte man damals 32 Hochöfen in Italien. Bei der Verarbeitung des lombardischen Roheisens war schon früher ein Fortschritt dadurch eingetreten, dafs an Stelle der alten bergamaskischen Frischfeuer Franche-Comté-schmieden und hier und da auch Gaspuddelöfen eingeführt wurden. Noch vorteilhafter war die Verarbeitung von Alteisen und Abfalleisen.

---

[1]) Die Erzausfuhr wird für 1872 sogar zu 168462 Tonnen angegeben.

78*

Digitized by Google

Für diesen Betrieb entstanden gröfsere Werke am Comersee in Valsassina, am Iseosee und im Trombia- und Sabbiathal, die den alten Frischhütten in den Thälern der Provinzen Bergamo und Brescia empfindliche Konkurrenz machten. Die Kosten[1]) einer Tonne Eisen aus selbsterblasenem Roheisen stellten sich damals auf 540 Lire, während die Herstellung aus Alteisen 341,50 Lire kostete. Die natürliche Folge war, dafs die Verarbeitung des Roheisens in Frischherden und Puddelöfen zurückging und die Verarbeitung von Alteisen, das man aus der Lombardei, aus Toskana und dem Auslande bezog, zunahm. Es entstand sogar eine Überproduktion von diesem „verteigten" Eisen, besonders nach Gründung des grofsen Eisenwerkes von Volarno am Eingange des Thales Sabbia bei Bergamo im Jahre 1871, und nachdem man nicht nur Alteisen, sondern auch fremde Luppen verarbeitete. Eine weitere Konkurrenz erwuchs dem lombardischen Frischeisen, das seiner Zähigkeit und Festigkeit wegen bis dahin an den Staatswerkstätten für Geschütze und Geschosse verwendet worden war, aus dem Flufsstahl. Hierdurch wurden die gröfseren lombardischen Industriellen gezwungen, ihren alten Betrieb zu verlassen und Siemens-Martinöfen oder Pernotöfen einzuführen und Flufsstahl zu machen. Da sich hierfür die Verwendung von ausländischem Roheisen billiger stellte als von einheimischem, so erfuhr der lombardische Hochofenbetrieb hierdurch eine weitere Einschränkung. Der Aufschwung in den Jahren 1872 bis 1874 brachte nur vorübergehend hierin eine Änderung. 1873 stieg die Roheisenerzeugung auf 13000 Tonnen, die doppelte Menge wie zuvor. Da aber das Roheisen sehr teuer war, verarbeiteten die Raffinierwerke um so mehr Alteisen und fremden Schrot. Als dann nach 1874 die Eisenpreise rasch fielen, war der Rückschlag um so stärker und die Roheisenproduktion ging wieder zurück, so dafs sie 1878 nur noch 8000 Tonnen betrug. Auf den Werken von Gregorini zu Castro und von Glisenti zu Carcino waren Siemens-Martinöfen eingeführt.

Von den übrigen Eisenwerken Italiens ist aus jener Zeit wenig zu berichten. Die von Piombino hatten schon 1866 und 1868 Bessemerstahl aus elbanischem Roheisen erzeugt. 1876 verarbeitete S. Bozzo Roheisen im Pernotofen zu gutem Walzdraht. Gigli und Ponsard schmolzen 1878 auf ihren Hütten zu Ponte Rifrudi bei Florenz Ferromangan, das sie auf der Weltausstellung in Paris vorführten. 1878 wurden in Mittelitalien drei neue Eisenwerke für Wasserkraftbetrieb erbaut: Terni an der Newa, 193 km von Civita Vecchia.

[1]) Siehe Österreich. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1899, S. 382.

Digitized by Google

das Werk Cosento an der Maola, etwa 20 km von demselben Hafen, und die Hütte zu Ponte bei Moriano an dem Serchio nahe bei Lucca und 4 km von Livorno. Bei allen diesen Werken wurde indes der Nutzen der Wasserkraft durch die hohen Transportkosten aufgewogen.

Die Stahlerzeugung Italiens betrug 1876 2880 Tonnen, die Einfuhr 4853 Tonnen.

1880 betrug die Erzförderung 289 058 Tonnen. Das Jahr 1881 war für das Schicksal der Erzgruben von Elba von Wichtigkeit, weil in diesem Jahre der Vertrag mit dem Hause Bastogi ablief. Die Insel Elba, vordem im Besitz der Fürsten von Piombino, war 1815 an Toskana gefallen. Die Eisenerzgruben von Elba spielten damals noch keine Rolle und wurden an Bastogi verpachtet. 1851 schlofs die Regierung mit dieser Firma einen Vertrag auf 30 Jahre zu gemeinschaftlicher Ausbeute. Inzwischen änderten sich die Verhältnisse wesentlich und die Nachfrage nach Erz von Elba steigerte sich so sehr, dafs die Regierung wegen gänzlicher Erschöpfung der Erzlager besorgt wurde. Sie beschränkte deshalb nach Ablauf des Vertrages mit Bastogi die Ausbeutung und verpachtete die Bergwerke zunächst nur auf drei Jahre an ein Bankkonsortium unter der Bedingung, dafs die Jahresproduktion 200 000 Tonnen nicht übersteigen dürfe. Hiervon ging der gröfste Teil in das Ausland, da der einheimische Bedarf mit 30 000 Tonnen reichlich gedeckt war. — Schon damals schlug P. L. v. Ferrari die Gründung eines grofsen Eisenwerkes bei Spezia vor.

1881 erzeugten 1200 Arbeiter 35 000 Tonnen Eisenwaren.

Die Zahl der Hochöfen war inzwischen immer mehr zurückgegangen. 1882 zählte man nur noch 16 Hochöfen in Italien, davon 12 in der Lombardei, doch waren auch diese nicht in vollem Betriebe. 1882 wurden noch 11, 1883 8 und 1884 nur noch 7 betrieben, allerdings verminderte sich die Produktion deshalb doch nur wenig, von 1882 bis 1884 von 12 000 auf 10 878 Tonnen. Die ganze Roheisenproduktion Italiens im Jahre 1882 wird zu 20 500 Tonnen angegeben. Dagegen zählte man 1880 in der Lombardei 15 Puddelöfen mit Siemens-Regenerativfeuerung, 2 Pernotöfen und 10 Martinöfen. Bessemerwerke gab es zu Perseveranza und Magona d'Italia, doch waren dieselben nicht bedeutend. Zu Tavernole verwendete man die Hochofengase, nachdem dieselben nach dem System Laglade gereinigt waren, zum Raffinieren des Eisens. 1884 sank die Roheisenerzeugung Italiens auf 18 000 Tonnen, und es wurden nur noch in drei Bezirken, in Elba, Sardinien und der Lombardei, Erze geschmolzen. 1883 betrug die gesamte Erzeugung von Eisenprodukten aller Art

Digitized by Google

50 900 Tonnen, während allein 23 401 Tonnen Eisenbahnschienen und 24 160 Tonnen eiserne Maschinen eingeführt wurden. Das lombardische Hüttenwerk Valarno erzeugte 1880 9500 Tonnen Eisen und Stahl aus Alteisen, während Lovere aus Spateisenstein gutes graues Roheisen und Spiegeleisen schmolz und aus diesem 2000 Tonnen Stahl und 1000 Tonnen Eisen frischte. In Dongo am Comersee wurden 3000 Tonnen erzeugt. Das Hüttenwerk Glisenti im Trompiathal war mit einer Waffenfabrik verbunden. Im Aostathal in Piemont waren die Verhältnisse ähnlich wie in der Lombardei, und es wurde meistens Alteisen verarbeitet. Das Drahtwerk zu Bussoleno lieferte 600 Tonnen im Jahr. Die ligurischen Hütten, von denen die gröfste bei Savona an der genuesischen Küste lag, hatten ihren Betrieb ganz verändert, sie verarbeiteten Brucheisen mit englischem Anthrazit zu geringen Eisensorten, die nur den halben Preis gegen die Holzkohlenprodukte erzielten. In Toskana wurde zu San Giovanni und Cole Val d'Elsa südlich von Florenz etwas Roheisen, aber weit mehr Brucheisen verarbeitet. Alle diese Anlagen waren klein und entsprachen nicht den Anforderungen der Zeit.

1885 fafste die Firma Tardi & Benoch in Savona den Entschlufs, ein grofses modernes Stahlwerk bei Terni für Bessemer- und Martinbetrieb zu erbauen. Für die Bessemerhütte waren zunächst zwei Konverter zu sieben Tonnen, für die Martinhütte vier Siemensöfen zu 20 Tonnen Einsatz vorgesehen. Der Ort war gewählt wegen der vorhandenen Wasserkraft von 600 P. S. Es wurden ferner in Aussicht genommen zwei Hochöfen für Koksbetrieb und für das Stahlwerk ein Dampfhammer von 100 Tonnen Hammer- und 1000 Tonnen Ambofsgewicht. Alle Kräne, wovon die zwei gröfsten 180 und 120 Tonnen Tragkraft hatten, wurden für den Betrieb mit komprimierter Luft von acht Atmosphären Druck eingerichtet. Zuerst sollte englisches Roheisen und deutsches Spiegeleisen verarbeitet werden. Der grofse Dampfhammer wurde von der Gesellschaft John Cockerill in Seraing gebaut. 1886 kam dieses gröfste Eisenwerk Italiens, auf das grofse Hoffnungen gesetzt wurden, in Betrieb. Aber nachdem 1887 das Werk 40 000 Tonnen Stahl und 13 300 Tonnen Gufswaren erzeugt hatte, war bereits ein Defizit von zwei Millionen Lire vorhanden. Man schob die Hauptschuld auf schlechte Arbeiter. Dieses Ergebnis machte die Eisenindustriellen indes keineswegs mutlos, vielmehr entstanden im Jahre 1888 eine Anzahl neuer Werke. J. von Baffacio baute eiserne Schiffe; die Firma Pirelli & Co. in Mailand legte in Spezia eine Drahtseilfabrik für Kabel an; die Eisenwerke im Bezirke von Genua

Digitized by Google

vergröfserten sich und erhöhten ihre Produktion. Die Firma Ansaldo & Co. beschäftigte in ihren Werken bei Sampierdarena und Sestri 2000 Arbeiter, Tardy & Benoch in Savona gegen 1000, Cavero & Co. in Genua etwa 800, Odero & Co. in Sestri 600. Ansaldo & Co. bauten in Sampierdarena besonders Lokomotiven, in Sestri Stahlschiffe. Tardi & Benoch zu Savona und Raggio, Tassare & Co. zu Pisa walzten Schienen.

Die Eisenindustrie an der Küste von Savona und Spezia nahm fortwährend zu. In demselben Verhältnis verschlechterten sich die Verhältnisse in dem lombardischen Eisengebiete. 1887 sank die Roheisenproduktion auf 6501 Tonnen, die Zahl der betriebenen Hochöfen auf sieben. Die eingesessenen Eisenindustriellen, namentlich die Glisendi und Gregorini, liefsen es nicht an Mühe und Opfern fehlen, die altberühmte Industrie zu verbessern und zu halten, aber sie konnten den Niedergang nicht aufhalten; dem Flufseisen gehörte die Zukunft und das hatte seine Heimat nicht in dem entlegenen Waldthal, sondern an der Meeresküste und den Eisenbahnen, nahe dem Centrum des Verkehrs. So vollzog sich hier das melancholische Schauspiel, dafs eine Jahrtausend alte hochangesehene Industrie, die einst den berühmten Waffenschmieden von Brescia und Mailand das vorzügliche Stahl- und Eisenmaterial geliefert hatte, zu Grunde ging durch den Siegeszug der Steinkohle und der Flufseisenfabrikation. Die Versuche, die Flufseisenindustrie in die bergamaskischen Thäler zu verpflanzen, hatten keinen Erfolg, weil das in den kleinen Holzkohlenhochöfen erblasene Roheisen zu teuer in der Herstellung war. 1891 wurden noch fünf Hochöfen betrieben, die 6250 Tonnen Roheisen schmolzen, 1896 nur noch drei mit 2932 Tonnen Erzeugung. Die Regierung, die sich in jeder Weise bemühte, die alte einheimische Industrie zu erhalten, liefs 1897 durch das königliche Korps der Bergbauingenieure eine Enquete veranstalten, um Mittel und Wege anzugeben, wie der lombardischen Eisenindustrie aufzuhelfen sei; aber der erstattete Bericht lautete wenig tröstlich und riet nur, sich auf Spezialeisen und Qualitätseisen zu beschränken. Dies that bereits die Firma Gregorini auf ihren gut eingerichteten Hochöfen zu Castro am Iseosee und dem von Allione Bergo Demo im Camonicathal. Erstere machten graues, weifses und halbiertes Spezialroheisen, das in den See- und Kriegsarsenalen Verwendung fand, darunter ein Spangeleisen mit 6,9 Prozent Mangan, das dem Spiegeleisen nahe kam. Das Eisen vom Camonicathale war so teuer, dafs es nur zu Spezialzwecken von den Arsenalen bezogen wurde. Immer mehr entwickelte sich der Betrieb der italienischen Eisenwerke in der Richtung, dafs Eisen

Digitized by Google

und Stahl nicht aus inländischem Roheisen, sondern aus Alteisen oder ausländischem Roheisen mit Steinkohlen erzeugt wurde, und hierfür war die Lage der Werke an der Seeküste, des Eisen- und des Steinkohlenbezugs wegen viel günstiger als die im abgelegenen Hochgebirge.

Die Erzgewinnung auf der Insel Elba war kaum durch die Schicksale der italienischen Eisenindustrie beeinflufst, da der gröfste Teil exportiert wurde und die Ausfuhr von dem Weltmarkte abhängig war; diese war in manchen Jahren so grofs, dafs von neuem ein Gefühl der Beunruhigung wegen der Erschöpfung der elbanischen Erzlager entstand, besonders seit 1892. Die italienische Regierung verpachtete deshalb vom 1. Januar 1898 ab die elbanischen Eisensteingruben unter gewissen Beschränkungen an Chevalier Tosetti. Es war dies der gröfste Eisenindustrielle Toskanas, der viel zur Entwickelung der Roheisenindustrie in Fallonica beigetragen hatte. Dieser förderte auch die Anlage der Hochöfen bei Piombino an der toskanischen Küste. Er beabsichtigte ferner die Anlage von Hochöfen auf der Insel Elba selbst. Die Bedingungen der Regierung für die 20jährige Pacht der elbanischen Eisenbergwerke bestanden darin, dafs Tosetti nur 160000 Tonnen Erz jährlich exportieren und 40000 Tonnen den italienischen Werken zur Verfügung stellen sollte. Die Abgaben für jede Tonne exportiertes Erz war auf 7,25 Lire, für jede Tonne in Italien verschmolzenes auf 0,50 Lire festgesetzt. Der Hochofen in Fallonica sollte im Betriebe erhalten bleiben. Der Export von 1898 erreichte die aufserordentliche Höhe von 228000 Tonnen, jedenfalls aus angesammelten Vorräten.

Die Roheisengewinnung hielt sich in den neunziger Jahren in sehr bescheidenen Grenzen, dagegen nahm die Erzeugung von schmiedbarem Eisen und besonders von Flufsstahl seit 1888 zu. Terni allein lieferte 1889 14000 Tonnen mehr als im vorausgegangenen Jahre. Für 1898 wird die Produktion von Stabeisen auf 167499 Tonnen, von Stahl auf 87467 Tonnen, gröfstenteils aus verarbeitetem Material hergestellt, angegeben. Verschiedene neue Werke wurden damals geplant, zum Teil auch schon in Angriff genommen, wie z. B. das grofse Drahtwalzwerk zu Lecco. Neue Hochofenanlagen planten die Firma Schneider in Creusot der Insel Elba gegenüber und die Società Anonima delle Ferriere Italiane zu San Giovanni im Val d'Arno auf der Insel Elba selbst. Die Hütte Monte Argentario schmolz seit 1899 Ferromangan im Hochofen. Besonders war es der Siemens-Martinprozefs, der zugenommen und sich ausgebreitet hatte. Es gelang der Energie der Industriellen, sich aufser für einige Spezialartikel von dem Auslande unabhängig zu machen. Die

Digitized by Google

bedeutende Einfuhr beschränkte sich immer mehr auf Rohmaterialien, wie Roheisen, Schrot, Rohluppen und Blöcke, aus denen dann im Inlande die fertigen Waren gemacht wurden. Für die Herstellung der Eisen- und Stahlfabrikate waren 1898 13 181 Arbeiter beschäftigt, während für die Hochöfen nur 217 nötig waren. Die Steinkohlen kommen fast ausschliefslich von Grofsbritannien; Koks teils von da, teils von Deutschland. Durch die Benutzung der Wasserkräfte, sowohl direkt mittels Turbinen, als auch durch Umwandlung in elektrische Kraft, wird die italienische Eisenindustrie noch einer gröfseren Ausdehnung fähig werden. Die Regierung unterstützt sie, um sich für ihren Bedarf an Kriegsmaterial vom Auslande möglichst unabhängig zu machen. Die Erfordernisse des Heeres, Waffen und Geschütze, werden gröfstenteils in Staatswerkstätten hergestellt. Panzerplatten, Kriegs- und Handelsschiffe werden von Privatwerken, denen aber der Staat seine Bestellungen zuweist, gebaut. Eine Belebung der Eisenindustrie ist in letzter Zeit auch durch die vermehrte Bauthätigkeit, insbesondere die Anlage von Kleinbahnen, Strafsenbahnen und die Umwandlung dieser in elektrische Bahnen eingetreten.

Zahlengeschichte der Eisenindustrie Italiens.

Fossile Brennstoffe (Förderung in Tonnen).

Jahr	Anthrazit und Braunkohle	Torf	Jahr	Anthrazit und Braunkohle	Torf
1840	8 000	20 000	1880	138 999	100 000
1850	15 000	25 000	1898	341 327	—
1860	30 280	40 000	1899 [1])	388 534	—
1870	58 770	100 000			

Eisenerzförderung in Tonnen.

Jahr	Förderung	Hiervon von Elba	Jahr	Förderung	Hiervon von Elba
1872	—	126 075	1892	200 591	—
1880	289 058		1893	191 305	115 894
1885	200 950	175 000	1894	187 728	176 393
1888	177 157	—	1895	183 371	145 629
1890	220 702	189 752	1898	190 110	183 652
1891	216 486	176 779	1899 [2])	236 549	224 579

[1]) Einfuhr 1899: 4 859 556 Tonnen. Ausfuhr 1899: 20 803 Tonnen.

[2]) 28 Betriebe, 1829 Arbeiter, Wert der Eisenerzförderung 3 534 117 Lire,
hierzu Manganerz . . 7 Betriebe, 4 356 Tonnen, Wert 112 160 Lire, 137 Arbeiter
" Manganeisenerz 1 Betrieb, 29 874 " " 385 744 " 240 "

Digitized by Google

Roheisenerzeugung in Tonnen.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1860	15 576	1889	13 473	1894	10 329
1870	19 914	1890	14 346	1895	9 213
1872 [1])	26 000	1891	11 930	1897	8 393
1878	20 000	1892	12 729	1898	12 675
1880	17 336	1893	8 038	1899	19 218
1888	12 400				

Hochöfen und Hochofenproduktion der Lombardei.
(Österreich. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1899, S. 400.)

Jahr	Hochöfen in Betrieb	Produktion Tonnen	Jahr	Hochöfen in Betrieb	Produktion Tonnen
1852	7	4 617	1887	7	6501
1858	18	13 437	1888	6	8520
1860	20	11 449	1889	6	8915
1863	11	7 214	1890	8	8920
1872	21	10 095	1891	5	6250
1881	11	12 300	1892	5	6466
1882	11	12 000	1893	2	3210
1883	8	10 800	1894	3	5406
1884	7	10 878	1895	5	4473
1885	7	11 400	1896	3	2932
1886	7	5 544	1897	3	3680

Produktion der Eisen- und Stahlwerke zusammen in Tonnen.

1872	73 700	1897	213 884 (56,7 Mill. Lire [2]))
1877	74 000	1898	256 000 (66,5 Mill. Lire)
1883	50 908	1899	306 231 (88,6 Mill. Lire)

Eisenproduktion aller Art im einzelnen in Tonnen.

	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1[illegible]
Eisenerze	177 157	—	220 702	216 486	200 591	191 305	187 728	183 371	[illegible]
Hiervon von Elba	—	—	189 752	176 779	—	115 894	176 393	145 629	—
Betriebene Hochöfen	—	—	11	9	6	5	6	7	8
Roheisen . . .	12 400	13 473	14 346	11 930	12 729	8 038	10 329	9 213	[illegible]
Schweifseisen . .	176 769	181 623	176 374	152 668	124 273	138 046	141 729	224 138 (Schweifseisen, Flufseisen und Stahl zusammen)	[illegible]
Flufseisen und Stahl	117 785	157 899	107 676	75 925	56 543	71 380	54 614		[illegible]

[1]) Roheisen und Gufswaren. — [2]) Zahl aller Eisen- und Stahlwerke im Jahre 1897: 216 mit einer Arbeiterzahl von 12 991.

Digitized by Google

Eisenproduktion 1872 nach Provinzen in Tonnen.

	Material: Roh- und Alteisen	Material: Brenn-material	Eisen- und Stahl-Erzeugung	Zahl der Arbeiter
Lombardei	20 789	42 125	16 545	4059
Ligurien	21 000	20 000	18 650	902
Piemont	8 509	6 283	5 741	1556
Toskana	5 580	8 384	4 153	484
Venedig	1 923	2 900	1 420	1136
Umbrien	1 500	4 000	1 200	65
Andere Provinzen	1 500	2 500	1 200	120
Zusammen	60 801	87 192	48 909	8322

Stahlproduktion.

	Tonnen	Wert in £
1860 bis 1869	650	13 000
1870	1250	25 000
1875	2000	40 000
1876	2880	50 000

Erzeugung der Eisenindustrie 1898.

	Zahl der Gruben	Zahl der Arbeiter	Erzeugung Tonnen	Durchschnittswert Lire	Gesamtwert Lire
Eisenerze	20	1 878	190 110	14,45	2 746 239
Hiervon die Provinzen:					
Livorno (Elba)	5	1 547	183 652	14,50	2 662 954
Bergamo	4	84	1 513	12,75	19 305
Brescia	8	227	3 436	14,21	48 872
Como	2	4	9	12,00	108
Novara	1	16	1 500	10,00	15 000
Manganerz	7	132	3 002	31,16	93 535
Manganhaltiges Eisenerz	1	160	11 150	12,00	133 800
	Zahl der Werke:				
Roheisen in Masseln	8	247	12 387 [1]	104,92	1 299 485
„ II. Schmelzung			12 675	152,63	1 934 599
Eisen			167 499	243,98	40 865 825
Stahl	195	13 181	87 407	309,66	27 085 481
Weifsblech			7 200	458,33	3 300 000

[1]) Dies ist nur die Erzeugung der Hüttenwerke zu Terni und Sinigaglia, da von den anderen Angaben fehlten. 1899 zählte man 40 Flufsstahlöfen, hiervon waren 21 Martinöfen, 2 Bessemer- und 2 Robertkonverter in Betrieb.

Digitized by Google

Erzeugung der Eisenindustrie 1899.

	Zahl der Werke	Erzeugung Tonnen	Wert Lire	Zahl der Arbeiter
Eisenerz	28	236 549	3 534 117	1 829
Manganerz	7	4 356	112 160	137
Manganeisenerz	1	29 874	385 744	240
Roheisen	7	19 218	2 607 140	804
Roheisen II. Schmelzung		20 289	3 645 181	
Bleche, Platten, Stangen	200	161 552	54 885 527	14 052
Landwirtschaftliche Apparate		8 066		
Röhren		3 500		
Draht, Bolzen, Nägel		12 700		
Verschiedenes		11 912		
Stahl:				
Blech, Platten, Stangen		58 550	—	
Eisenbahnräder		20 734	33 797 506	
Stahlgufs f. Marine u. Eisenbahn		6 772		
Tiegelstahl		2 238		
Federn		550		
Verschiedenes		4 801		
Blöcke		14 856		
Weifsblech		8 000		

Fossile Brennstoffe 1899.

Einfuhr	4 859 556 Tonnen
Ausfuhr	20 803 „

Ausfuhr von Eisenerzen (meist von Elba) in Tonnen.

1870	65 600	1895	145 929
1890	189 752	1896	219 162
1891	160 712	1897	257 660 [1])
1892	208 581	1898	217 556
1893	115 894	1899	234 215
1894	176 393	(Einfuhr 1899: 20 799.)	

Einfuhr von Stahl in Tonnen.

1870	2234	1875	3478	1876	4853

Einfuhr 1870 in Tonnen.

Roheisen in Masseln	17 000
Gufswaren	6 000
Eisen I. Verarbeitung in Stäben und Blechen	47 000
Eisen II. Verarbeitung, Verschiedenes	85 000
Bruch- und Alteisen	2 580
Stahl in Stangen	2 500
Eisenbahnschienen	9 000

Wert der Einfuhr 36½ Millionen Lire

[1]) Hiervon nach Deutschland 171 548, nach Holland (Deutschland) 76 101 Tonnen.

Digitized by Google

Ein- und Ausfuhr nach Wert in 1000 Mark.

	1899		1900	
	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr
Eisen und Eisenwaren . .	51 482	1 827	59 334	1 758
Maschinen, Fahrzeuge, Instrumente	38 479	32 798	39 978	30 251

Einfuhr in Tonnen.

	1887	1889	Hiervon aus		
			England	Deutschland	Belgien
Brucheisen, Feilspäne u. s. w.	174 129	157 227	91 470	15 806	2 162
Roheisen	231 547	168 713	97 279	1 977	40
Gußwaren, roh	17 823	15 428	55 222	514	6 446
„ bearbeitet	7 443	6 982	810	3 678	537
Eisen und Stahl in Blöcken .	27 268	9 885	5 350	1 157	2 599
„ „ „ „ Stäben . .	132 502	70 368	16 447	37 562	10 880
Eisen- und Stahldraht	8 823	602	272	179	20
Eisen- und Stahlblech	25 682	27 405	7 725	11 186	6 104
Schmiedeeiserne Röhren . . .	7 684	4 475	2 621	1 616	82
Grobe Schmiedestücke	5 378	6 639	1 955	3 424	844
Eisenbahnschienen	65 156	9 945	891	1 616	5 722
Eisen und Stahl, II. Fabrikate	25 257	22 171	3 906	7 185	4 646
Eisenblech, einfach bearbeitet	8 132	8 529	7 815	225	112
Stahl, gehärtet, in Stangen .	2 135	744	162	266	208
Federn, Drahtwaren		1 741	141	923	31
Werkzeuge	8 459	476	70	206	—
Näh- und Stecknadeln	—	78	7	65	—
Kessel	1 366	2 013	1 174	426	33
Zusammen	748 784	513 421	243 317	88 011	40 466
Maschinen, Apparate	43 641	36 477	13 576	11 574	2 253

Einfuhr von Eisen und Eisenwaren 1889 in Prozenten.

aus England	47,6	Prozent
„ Deutschland	17,0	„
„ Belgien	8,7	„
„ Frankreich	6,6	„
„ Österreich-Ungarn	3,6	„
„ Holland	0,8	„
„ der Schweiz	0,5	„

Digitized by Google

Einfuhr nach Italien in Tonnen.

	1888		1894		1898	
	Zusammen	Hiervon aus Deutschland	Zusammen	Hiervon aus Deutschland	Zusammen	Hiervon aus Deutschland
Bruch, Hammerschlag u. s. w.	164 571	6 832	157 153	52 033	138 425	21 078
Gufseisen in Masseln	89 563	356	118 664	1 365	169 059	1 780
Gufseisen, verarbeitet	19 946	3 573	6 264	1 023	4 075	1 502
Schmiedeeisen und Stahl:						
in Blöcken	20 159	2 650	3 629	2 277	10 110	3 883
gewalzt	85 624	30 148	42 666	21 233	32 472	17 528
in Blechen	24 801	9 376	14 546	5 366	12 864	3 563
in Röhren	4 558	1 118	4 161	1 855	4 412	1 989
in Schmiedestücken	4 758	1 478	2 559	1 485	3 780	1 810
Eisenbahnschienen	33 934	900	6 640	1 018	14 561	3 841
Schmiedeeisen und Stahl zweiter Verarbeitung	19 774	6 676	11 385	3 766	17 144	7 582
Blech, verzinnt, verzinkt, auch verarbeitet	6 513	—	1 318	106	1 678	224
Stahl, gehärtet	833	349	272	83	584	?
Gerätschaften und Werkzeuge	2 467	1 055	1 591	823	1 943	975
Maschinen und Zubehör	35 928	12 766	23 075	6 433	29 042	9 685
Steinkohlen	3 872 905	101 436	—	—	—	—

Einfuhr von unbearbeitetem Eisen und Stahl von 1894 bis 1898 in Tonnen.

	1894	1895	1896	1897	1898
Paketeisen (Brucheisen, Hammerschlag u. s. w.)	157 152	179 802	162 035	130 938	138 425
Gufseisen in Masseln	119 267	131 870	119 490	156 019	169 059
Schmiedeeisen, rohes, in Barren, und Stahl in Blöcken	3 628	5 236	26 759	12 718	10 110

Einfuhr von bearbeitetem Eisen und Stahl von 1894 bis 1898 in Tonnen.

	1894	1895	1896	1897	1898
Verarbeitetes Gufseisen	6 263	5 393	4 820	3 801	4 075
Schmiedeeisen und Stahl (gewalzt oder gehämmert in Stäben und Drähten)	42 666	37 809	32 184	32 076	32 472
Eisen- und Stahlbleche	14 545	14 074	12 386	18 396	12 864
Röhren aus Eisen und Stahlbleche	4 161	4 419	4 225	4 157	4 412
Schmiedeeisen und Stahl (geschmiedet oder gegossen)	2 559	2 893	2 950	3 133	3 780
Eisenbahnschienen	6 639	6 638	3 723	11 289	14 561
Schmiedeeisen und Stahl (zweiter Verarbeitung)	11 385	10 169	11 124	15 869	17 144
Gehärteter Stahl	85	54	53	50	63
Federn aus Stahl	186	321	345	467	521
Eisenbleche, verzinnt, verzinkt u. s. w., einfache	1 575	1 932	1 849	1 464	1 162
Eisenbleche, verzinnt, verzinkt u. s. w., bearbeitete	242	320	481	532	508
Gerätschaften und Werkzeuge aus Eisen und Stahl	1 590	1 711	1 695	1 878	1 943

Einfuhr aus den Hauptbezugsländern im Jahre 1898.

Eisen und Stahl, unbearbeitet.

Paketeisen:	Grofsbritannien	37 645	Tonnen
	Deutschland	21 078	„
	Frankreich	17 436	„
Gufseisen in Masseln:			
	Grofsbritannien	118 809	„
	Österreich-Ungarn	15 599	„
	Spanien	8 268	„
Schmiedeeisen, rohes, in Barren, und Stahl in Blöcken:			
	Deutschland	3 883	„
	Belgien	2 556	„
	Grofsbritannien	2 074	„

Eisen und Stahl, bearbeitet.

Deutschland	38 342	Tonnen
Grofsbritannien	27 615	„
Belgien	11 907	„
Frankreich	10 174	„

Fertige Waren aus Eisen und Stahl.

Deutschland	975	Tonnen
Österreich-Ungarn	392	„
Frankreich	301	„
Grofsbritannien	118	„

Digitized by Google

Eisenverbrauch in Kilotonnen.

	1890	1895	1900
Einwohnerzahl in Millionen	31,0	31,0	32,0
1. Hochofenproduktion	23	15	12
2. Einfuhr:			
a) Roheisen, Brucheisen	298	313	358
b) Materialeisen, Eisen- und Stahlwaren, Maschinen	175	120	198
Zuschlag zu letzterem ab Roheisen $33^1/_3$ Prozent	59	40	—
Zusammen Einfuhr	532	473	622
Insgesamt Produktion und Einfuhr	555	488	634
3. Ausfuhr:			
a) Roheisen, Brucheisen	?	12	—
b) Materialeisen, Eisen- und Stahlwaren, Maschinen	?	33	42
Zuschlag $33^1/_3$ Prozent	?	11	14
Zusammen Ausfuhr	?	56	56
Einheimischer Verbrauch (1 + 2 — 3)	?	432	578
Pro Kopf Kilo	?	14,0	18,1
Eigene Produktion pro Kopf Kilo	0,7	0,5	0,4

Spanien.

Die Eisenindustrie Spaniens hat seit dem Jahre 1870 eine merkwürdige und sehr bedeutende Entwickelung genommen. In vieler Beziehung ist die Lage Spaniens ähnlich der Italiens; wie dieses besitzt Spanien einen Überflufs von vortrefflichen Eisenerzen und einen Mangel an Brennmaterial. Die Entwaldung gestattete nur einen sehr beschränkten Betrieb mit Holzkohlen, und die Steinkohlenlager Spaniens sind nicht ausgedehnt und waren 1870 noch wenig erschlossen.

Die Steinkohlenförderung stieg von 1870 bis 1897 von 621 832 Tonnen auf 2 010 960 Tonnen. Asturien ist die Provinz, die am meisten Steinkohlen liefert, auf sie entfiel 1897 ein Förderquantum von 1 424 007 Tonnen. Der Erzreichtum Spaniens war von alters her berühmt, seine Eisenerze sind die Grundlage der europäischen Bessemerindustrie geworden. 1861 betrug die gesamte Eisenerzförderung Spaniens 130 259 Tonnen, 1880 bereits 3 565 338, 1890 6 065 115 und 1899 9 344 320 Tonnen. Hiervon wurde der weitaus gröfste Teil ausgeführt, im Jahre 1899 8 613 137 Tonnen. Trotzdem hat auch die

Digitized by Google

Eisenbereitung einen grofsen Aufschwung genommen, allerdings zumeist durch fremdes Kapital und fremde Intelligenz. Auch die grofsartige Erzgewinnung im Bergwerksdistrikt von Bilbao entwickelte sich auf diese Weise. 1863 gingen die ersten Probesendungen von Bilbaoerzen nach England und Frankreich. 1871 wurden von Bilbao bereits 286000 Tonnen Eisenerze von Somorostro und 60000 Tonnen von anderen Orten verschifft. 1872 wurde die Orconera-Eisengesellschaft zur Ausbeutung der Somorostroerze mit einem Kapital von $2^1/_2$ Mill. Frcs. gegründet. Die Gesellschaft bestand aus der Dowlais- und Consett-Eisenwerksgesellschaft in England, der Firma Friedrich Krupp in Essen in Deutschland und dem Hause Ybarra-Hermanos zu Bilbao in Spanien. Durch den Karlistenkrieg, der sich hauptsächlich in den baskischen Provinzen abspielte, wurde die Entwickelung der Eisenindustrie gehemmt, dennoch nahm auch die Eisenbereitung ziemlich rasch zu. 1870 wurden schon 54078 Tonnen Roheisen und 36163 Tonnen Schmiedeeisen dargestellt. Bei Santander befand sich ein Hochofen, der schon 1832 erbaut war, in Asturien hatten die Felguerawerke einen, und die Miereswerke im Caredalthal zwei Hochöfen. Später wurde auf letzterem Werke noch ein dritter Hochofen erbaut. Das Puddel- und Walzwerk, das 28 Puddelöfen besafs, erzeugte 10000 bis 12000 Tonnen Schmiedeeisen.

Es gab in den siebziger Jahren noch viele Catalanschmieden, in welchen Schmiedeeisen unmittelbar aus Erzen geschmolzen wurde. Hieraus erklärt sich die grofse Zahl der Eisenwerke im Verhältnis zur Produktion. 1878 gab es 68 Eisenwerke, welche etwa 50000 Tonnen Roheisen und 40000 Tonnen Schmiedeeisen erzeugten. Ybarra & Co. stellten 1872 Eisen nach Chenots Verfahren auf der Hütte El Desierto bei Bilbao dar. Justino Delpon hatte Gurlts direkte Eisengewinnung schon 1863 zu Bolueta eingeführt.

Obgleich die Bilbaoerze ganz besonders für den Bessemerbetrieb geeignet waren, war die Stahlerzeugung Spaniens doch nur gering. Die gröfste Stahlhütte war zu Taco, wo 1870 16 Mann beschäftigt waren, die 231 Tonnen Stahl erzeugten. Nach Beendigung des Karlistenkrieges 1876 hob sich die Eisenindustrie Spaniens. Die Biscayahütte wurde den neuesten Anforderungen entsprechend von der Gesellschaft John Cockerill in Seraing gebaut. 1877 wurden in Spanien 577 Tonnen Stahl dargestellt. 1872 hatte die Biscayagesellschaft drei Robertkonverter von je $2^1/_2$ Tonnen Fassungsvermögen in Betrieb gesetzt. Erst Ende der siebziger Jahre wurde der Bessemerprozefs von der Altos Hornosgesellschaft und der Siemens-

Digitized by Google

Martinprozefs von der Biscayagesellschaft bei Bilbao eingeführt. 1879 war der Eisenverbrauch Spaniens auf 286 000 Tonnen gestiegen. Die Eisenbahnneubauten erforderten etwa 100 000 Tonnen, die Unterhaltung der bestehenden Eisenbahnen etwa 50 000 Tonnen; an 40 000 Tonnen wurden für die Kriegsflotte verbraucht. Von der angegebenen Menge des Verbrauchs waren nur etwa 50 000 Tonnen im Lande erzeugt. Von den im Lande vorhandenen 45 Hochöfen waren nur 16 in Betrieb, wovon acht mit Koks und acht mit Holzkohlen betrieben wurden; von diesen erzeugten die Kokshochöfen etwa 41 000 Tonnen, wovon 35 700 Tonnen auf die Provinzen Biscaya und Oviedo kamen. Die drei nach den neuesten Grundsätzen erbauten und betriebenen Öfen bei Bilbao erzeugten allein 21 000 Tonnen, während der Rest der Produktion auf die übrigen 13 Öfen entfiel. Die Hochöfen bei Bilbao arbeiteten hauptsächlich mit englischem Koks; der Koksverbrauch war $\frac{900}{1000}$.

1880 wurden neue Werke in Bilbao und ein wichtiges von der Quiros-Eisen- und -Stahlgesellschaft in Asturien erbaut. Diese Gesellschaft führte zur Verkokung Coppée-Öfen ein. 1880 begann auch Spanien, bezw. der Bilbaodistrikt, Roheisen auszuführen, die Ausfuhr betrug 3725 Tonnen. 1881 fingen die besten und reichsten Bilbaoerze, die Roterze Vena dulce und Campanil, schon an selten zu werden und bildete das Braunerz Rubio mit etwa 50 Prozent Eisengehalt das hauptsächlichste Ausfuhrerz. 1880 bestand die Ausfuhr noch aus $^1/_8$ Campanil, $^3/_8$ Vena dulce und $^4/_8$ Rubio.

Die Ausfuhr nach Grofsbritannien betrug 1881 1 713 639 Tonnen = $68^3/_4$ Prozent, nach Deutschland 345 591 Tonnen = $13^4/_5$ Prozent, nach Frankreich 335 976 Tonnen = 13 Prozent, nach Belgien 87 790 Tonnen = $3^1/_2$ Prozent, nach Amerika 17 536 Tonnen = $^3/_4$ Prozent. Den gröfsten Erzreichtum enthielten die Grubenfelder Triano, Sommorostro und Matomoros. Die gröfsten Grubenbesitzer waren aufser der obenerwähnten Orconera-Gesellschaft die Société Franco-Belge des Mines de Sommorostro, von den Gesellschaften Cockerill in Seraing, Société Denain-Anzin, Société Montataire und Ybarra-Hermanos in Bilbao gegründet. Sodann folgten die englischen Gesellschaften: Sommorostro Iron Co., Limit., Bilbao Iron Co., Limit., Biscaya-Santander Iron Co., Limit., San Fermin Mining Co., Luchana Mining Co., M. M. J. B. Roches & Co., The Landore Siemens Steel Co.

1893 führten fünf Vollbahnen und zahlreiche Seilbahnen nach Bleicherts und Hodgsons System von den Gruben nach den Seehäfen.

Digitized by Google

Aufserdem fand noch von Cartagena aus eine sehr bedeutende Ausfuhr von Eisenerzen aus der Provinz Murcia statt, und zwar wurden in den Jahren 1879 bis 1881 etwa an 600000 Tonnen Erze von da nach Frankreich, England und Nordamerika verschifft.

Bei dem hohen Eisengehalt, der Reinheit und der leichten Reduzierbarkeit der Bilbaoerze war es nicht verwunderlich, dafs die direkte Eisengewinnung, die ja in Spanien von alters her einheimisch war und immer noch vereinzelt in der alten Form betrieben wurde, in allen ihren neueren Formen versucht wurde. So wurde auch das Verfahren Du Puys im Jahre 1878 erst in der älteren Art in Blechbüchsen, dann seit 1883 in der Weise, dafs das gemahlene Eisenerz mit Kohle, Thon und Kalk in einer Mischmaschine gemischt, die Masse in Formen geprefst in einem Glühofen reduziert, zu Luppen geschweifst und diese weiter verarbeitet wurden, ausgeführt.

Zu Anfang der achtziger Jahre entstanden verschiedene neue Eisenwerke in Nordspanien. Eine englische Gesellschaft „Cantabria“ hatte bei San Nicolas zwei Hochöfen gebaut; das Unternehmen fallierte aber und wurde von dem Marques de Mudela 1880 erworben und durch den Bau von zwei weiteren Hochöfen vergröfsert. 1883 erblies Mudela schon monatlich etwa 8000 Tonnen Bessemer- und Giefsereiroheisen. Die Erzausfuhr Spaniens war von 1878 bis 1882 von 1244118 Tonnen auf 3493674 Tonnen gestiegen.

1881 wurden 771 Eisensteingruben mit 13520 Arbeitern betrieben. 37 Hüttenwerke hatten 70 hydraulische und 152 Dampfmaschinen von zusammen 5622 P.S., ferner 84 Hochöfen, 18 kleine Öfen, 103 Flammöfen, 103 Raffinieröfen, 84 Schmiedefeuer und 6811 Arbeiter. Es wurden 114394 Tonnen Roheisen und 53279 Tonnen Schmiedeeisen, davon 3602 Tonnen durch direktes Verfahren dargestellt. 1882 gingen die alten Eisenhütten der Gesellschaft Ybarra & Co. an die Aktiengesellschaft „Sociedad de los altos hornos y fabrica de hierro y acero“ über, die zu den alten drei Hochöfen weitere nach neuestem Muster von 24 m Höhe nach Plänen von E. Windsor Richards hinzufügte. Die Gesellschaft verfügte über ein Aktienkapital von 25 Millionen Pesetas (= 25 Millionen Frcs.) und war insbesondere zur Herstellung von Eisenbahnmaterial gegründet. Die Gesellschaft der Hochöfen von Bilbao, die 1883 bereits 9526412 kg Roheisen und 10158064 kg fertiges Eisen fabrizierte, liefs 1884 durch E. W. Richards zwei neue Hochöfen mit vier Cowperapparaten erbauen. Trotz des Reichtums an Erz und Kohlen wurde nur etwa ein Drittel des Eisenbedarfes im Lande erzeugt, während zwei Drittel eingeführt wurden. Ebenso er-

Digitized by Google

langte die Flufsstahlbereitung ungeachtet des vorzüglichen Roheisens erst Ende der achtziger Jahre einen gröfseren Umfang. 1885 wurden 361 Tonnen, 1889 49124 Tonnen, 1896 aber schon 104571 Tonnen erzeugt und zwar sowohl im Konverter wie im Martinofen. 1896 waren folgende Flufsstahlwerke in Betrieb:

1. Die Gesellschaft Altos Hornos in Bilbao mit zwei Bessemerkonvertern für je 9 bis 10 Tonnen Einsatz, einem Siemens-Martinofen für 11 Tonnen und 14 Puddelöfen; diese Gesellschaft, die schon 1891 78300 Tonnen Flufsstahlblöcke erzeugte, hatte ihre eigene Kokerei und ein Panzerplattenwalzwerk.

2. Die Biscaya-Companie, ebenfalls am Flusse Nervion bei Bilbao, mit drei Robertkonvertern zu 5 Tonnen und vier Siemens-Martinöfen, zwei sauren und zwei basischen, zu je 12 Tonnen Einsatz, sowie vier Puddelöfen, zusammen mit einer Jahreserzeugung von 25000 Tonnen Flufseisen und 6000 Tonnen Schweifseisen.

3. Duro & Co. in Asturien mit drei Siemens-Martinöfen, 20 Puddelöfen und einer Jahresproduktion von 7000 Tonnen Flufseisen und 22000 Tonnen Schweifseisen.

4. Mieres mit einem Siemens-Martinofen von 7000 Tonnen Flufseisen Jahresleistung.

Im Martinofen arbeitete man meist mit Erzzusatz; so bestand auf dem asturischen Werke La Felguera der Einsatz aus 30 Prozent Roheisen und 70 Prozent Alteisen bei einem Erzzusatz von 0,25 Tonnen auf 8 Tonnen fertige Blöcke. Hierbei wurden in 6½ Arbeitstagen 16 bis 18 Chargen gemacht, während bei einem Erzzusatz von 0,5 bis 0,6 Tonnen auf das gleiche Quantum die Chargenzahl auf 14 zurückging. Die Herstellungskosten einer Tonne Flufsstahlingots betrugen bei Bilbao 45,45 österreichische Gulden, in Asturien beim Martinverfahren 50,76 Gulden.

Die Eisenerzausfuhr nahm nicht nur in Nordspanien, sondern auch in den Südprovinzen zu, so exportierte im Jahre 1892 Murcia 388000 Tonnen, Almeria 174350 Tonnen und Malaga 70700 Tonnen. Die Gruben im südlichen Spanien lagen in der Sierra Alhamilla, Sierra de Bédar, Sierra de Enmadro und Morata. Eine lange Seilbahn, von dem Deutschen J. Pohlig erbaut, führte von den Gruben nach dem Hafen von Garucha.

Da im Bilbaodistrikt die besten Erze Campanil und Vena dulce immer seltener wurden, so ersetzte man sie zum Teil durch geröstete Spateisensteine. 1896 wurden in Biscaya 17 Röstöfen betrieben, die 150000 Tonnen geröstete Erze lieferten. 1897 betrug die Förderung der Gesellschaft La Orconera 957710 Tonnen. Es gab im Bilbao-

Digitized by Google

distrikt 204 Eisenerzgruben, 15000 Bergarbeiter und 55 Maschinen von etwa 1200 P.S. 1899 entstand in Südspanien eine neue Gesellschaft belgischer Industrieller und Kapitalisten. Es war dies die Gesellschaft „Hauts-Fourneaux, Forges et Aciéries de Malaga“, deren Hochöfen und Stahlwerke aus der Ferreria Herodia in Malaga entstanden waren und die ihren Sitz zu Marchienne-au-Pont in Belgien hatte.

Zahlengeschichte der Eisenindustrie Spaniens.

Steinkohlenförderung von 1870 bis 1899.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1870	621 832	1886	977 558	1893	1 484 794
1880	825 790	1887	1 021 254	1894	1 659 274
1881	1 171 410	1888	1 014 720	1895	1 739 075
1882	1 165 517	1889	1 124 437	1896	1 830 771
1883	1 044 485	1890	1 212 089	1897	2 010 960
1884	952 970	1891	1 262 510	1898	2 434 232
1885	919 440	1892	1 392 326	1899	2 672 194

Kohlen-Förderung, -Einfuhr und -Verbrauch in Tonnen.

Jahr	Förderung		Einfuhr	Verbrauch
	Steinkohlen	Braunkohlen	Steinkohlen	Steinkohlen
1860	320 899	18 952	452 479	792 330
1870	621 822	40 095	566 911	1 228 830
1880	825 790	21 338	881 600	1 728 988
1882	1 165 517	35 000	1 108 081	2 643 081

Steinkohlen- und Kokserzeugung.

Jahr	Steinkohlen	Hiervon aus Asturien	Koks
1895	1 739 075	1 008 769	131 090
1896	1 830 771	1 122 700	150 000

Förderung 1895 bis 1899.

	1895	1896	1897	1898	1899
Steinkohlen	1 739 075	1 852 947	2 010 960[1]	2 434 232	2 565 437
Braunkohlen	44 708	55 413	54 232	66 422	70 901
Anthracit	10	14 895	8 758	—	34 842
Zusammen	1 783 793	1 923 285	2 073 950	2 500 654	2 671 180

[1]) Hiervon aus Asturien 1 424 000 Tonnen.

Digitized by Google

Einfuhr von Steinkohlen und Koks in Tonnen.

	1897	1898	1899
Steinkohlen	1 633 333	1 244 346	1 584 939
Koks (in Steinkohlen ausgedrückt $\frac{100}{72}$)	214 763	272 751	290 217

Steinkohlenförderung und Kokserzeugung[1] 1897 nach Provinzen in Tonnen.

	Steinkohlen-förderung	Koks-erzeugung
Burgos	295	—
Ciudad Real	130 547	—
Cordoba	307 300	23 650
Gerona	24 931	—
Leon	74 624	2 014
Oviedo	1 257 361	139 166
Valencia	91 918	1 936
Sevilla	123 984	588 628
Zusammen	2 010 960	755 394

Steinkohlen- und Braunkohlenverbrauch in Tonnen.

1897 . . . . 2 922 046 1898 . . . . 4 014 979 1899 . . . . 4 609 521

Eisenerzförderung von 1880 bis 1899.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1880	3 565 338	1887	6 796 266	1894	5 352 353
1881	3 502 681	1888	5 609 876	1895	5 514 339
1882	4 726 293	1889	5 710 640	1896	6 762 582
1883	4 526 275	1890	6 065 113	1897	7 468 500
1884	3 907 266	1891	5 122 784	1898	7 125 000
1885	3 933 000	1892	5 405 642	1899	9 344 320
1886	4 166 946	1893	5 497 540		

Zahl der Eisenerzgruben und der Arbeiter.

Jahr	Gruben	Arbeiter
1881	771	13 520
1885	566	12 890
1886	526	13 682
1894	292	12 930
1895	314	13 281
1896	305	15 463
1898	357	19 482

[1]) 1886: 188 523 Tonnen.

Digitized by Google

Eisenerzförderung nach Provinzen in Kilotonnen.

	1887	1892	1893	1896	1897	1898	1899	Zahl der Gruben 1887
Biscaya	3301	4200	4600	5250	5255	4973	6147	67
Murcia	542	476	300	288	426	416	670	322
Santander	148	360	300	536	749	790	1385	8
Almeria	23	170	115	213	395	363	539	7
Malaga	55	70	55	32	35	22	38	12
Oviedo	43	60	65	62	58	64	62	79
Navarra	16	15	14	13	19	16	29	6
Guipuzcoa	9	14	19	14	17	17	36	2
Huelva	21			22	29	18	24	1
Sevilla	4			280	388	391	319	8
Cuidad Real	3	40	30	1	1	3	10	2
Badajoz	1			—	—	—	—	2
Alicante	1			—	—	—	—	4
Jaën	—	—	—	—	—	—	25	—
Granada	—	—	—	52	48	52	60	—
Zusammen	4167	5405	5498	6762	7420	7125	9344	520

Förderung der Hauptgesellschaften im Bilbaodistrikt nach Sorten in Tonnen.

	1897		1898		1899	
	Orconera	Franco-Belga	Orconera	Franco-Belga	Orconera	Franco-Belga
Rubio	867 560	249 677	809 902	368 996	939 305	775 583
Campanil	9 333	45 936	13 372	60 857	11 837	—
Geröstete Spate	81 177	89 824	61 389	79 842	64 733	28 657
Zusammen	958 070	385 437	884 663	509 695	1 018 875	804 240

Eisenerzförderung im Bilbaodistrikt nach Sorten in Tonnen.

	1897	1898	1899
Limonit = Rubio	4 225 000	4 220 230	5 313 540
Roteisenstein = Campanil	457 500	275 800	220 000
Spateisenstein = Siderit	454 300	477 770	613 000
Zusammen	5 136 800	4 973 800	6 146 540

Digitized by Google

Eisenerzausfuhr von Bilbao in Tonnen.

Jahr	Nach Grofsbritannien	Nach Deutschland und Holland	Nach Frankreich	Nach Belgien	Nach den Vereinigten Staaten	Nach anderen Ländern	Zusammen	Gesamt-Ausfuhr Spaniens
1871	354 000	—	—	—	—	—	354 000	—
1881	1 713 639	345 591	335 976	87 790	17 536	—	2 500 532	—
1883	2 314 960	546 666	460 595	49 767	6 246	—	3 378 234	—
1884	1 990 993	601 414	458 225	102 541	2 259	—	3 155 432	—
1885	2 050 185	653 919	491 085	93 489	7 304	—	3 295 982	—
1886	2 151 137	534 687	332 103	98 442	42 337	1 341	3 160 047	4 188 000
1887	2 855 667	707 394	356 980	98 304	152 077	—	4 170 422	—
1888	2 481 335	644 235	347 687	103 602	14 778	—	3 591 637	—
1889	2 770 125	640 261	378 347	93 010	3 748	121	3 885 612	—
1890	3 073 560	656 567	388 583	110 650	97 573	—	4 326 933	—
1891	2 245 613	631 763	342 163	66 316	30 607	—	3 316 462	—
1892	2 650 753	766 302	390 319	75 249	34 164	1 757	3 418 544	—
1893	2 999 907	568 739	329 817	108 039	10 463	—	4 016 965	4 646 877
1894	3 072 430	701 951	329 107	83 485	563	—	4 187 536	4 988 222
1895	3 171 902	612 862	292 530	150 320	17 138	—	4 244 552	5 218 192
1896	3 429 008	810 405	329 138	130 521	45 432	1 810	4 746 314	6 272 588
1897	3 207 000	872 000	348 000	194 000	32 000	57 000 [1]	4 710 000	6 884 588
1898	3 043 000	848 000	253 000	165 000	3 000	60 000 [1]	4 372 000	6 558 062
1899	3 955 000	947 000	272 000	209 000	75 000	42 000 [1]	5 500 000	8 613 137

[1]) Nach spanischen Häfen.

Digitized by Google

Gesamtausfuhr in Kilotonnen.

Nach	1886	1896	1897	1898	1899
Grofsbritannien	2762	4636	5091	4748	6224
Deutschland und Holland	651	963	1059	1174	1544
Belgien	110	207	225	202	255
Frankreich	345	383	436	339	444
Österreich	—	—	—	9	13
den Vereinigten Staaten	320	84	59	6	133
Zusammen einschl. anderer Länder	4188	6273	6885	6558	8613

Eisenerzverbrauch im Inland in Kilotonnen.

1881	308,8	1888	456,4
1885	361,7	1898	552,8
1886	418,8	1899	621,2
1887	521,6		

Eisenerzverbrauch 1898 nach Provinzen und Werken.

Provinzen	Werke	Tonnen	Zusammen
Biscaya	Biscaya	180 076	
	Altos Hornos	140 000	
	San Francisco del Desierto	52 000	
	Santa Ana de Bolueta	5 000	
	Purisima Concepcion	4 000	381 076
Oviedo	Moreda y Gijòn	45 000	
	Mieres	42 445	
	Duro y Campania	44 880	132 325
Navarra	Bidasoa	11 000	
Alava	Araya	9 371	
Guipuzcoa	San Pedro de Elgoibar	8 000	
Logroño	La Numancia de Escaray	1 000	
	Verschiedene Verbraucher	10 000	39 371
		Zusammen	552 772

Eisenerzausfuhr aus Gebieten und Häfen in Tonnen.

Gebiet	Häfen	1896	1897
Almeria	Almeria	55 591	159 196
	Garucha	219 187	360 124
Guipuzcoa	Behovia	13 870	12 690
	Irun	1 130	6 507
	Pasajes	440	869
Huelva	—	20 774	28 333
		310 992	567 719

Digitized by Google

Gebiete	Häfen	1896	1897
	Übertrag	310 992	567 719
Malaga	Malaga	—	6 568
	Marbella	37 679	42 549
Murcia	Cartagena	277 836	
	Aguilas	17 868	455 010
	Mazaron	—	
Oviedo	Gijon	—	236
Pontevedere . .	—	—	50
Santander . . .	Santander	231 133	349 477
	Urciales	298 456	400 360
Sevilla	—	265 314	327 686
Biscaya	Bilbao	4 802 719	4 697 998
	Poveña	30 690	36 935
	Zusammen	6 272 687	6 884 588

Eisenerzausfuhr nach Deutschland.

Jahr	Kilotonnen	Jahr	Kilotonnen	Jahr	Kilotonnen
1880	236	1884	349	1888	453
1881	232	1885	398	1889	470
1882	274	1886	372	1890	618
1883	274	1887	386	1891	846

Roheisenerzeugung von 1861 bis 1900.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1861	34 583	1885	159 225	1893	294 563
1870	54 078	1886	156 204	1894	123 798
1873	42 825	1887	188 634	1895	179 752
1880	85 939	1888	212 116	1896	246 326
1881	114 394	1889	197 874	1897	297 100
1882	120 064	1890	179 782	1898	262 497
1883	139 920	1891	278 460	1899	299 765
1884	124 363	1892	211 436	1900	294 118

Erzverbrauch und Roheisenerzeugung 1899 im Distrikt Bilbao in engl. Tonnen.

Distrikte	Hüttenwerke	Erz-verbrauch	Roheisen-erzeugung
Biscaya	Biscaya	219 623	103 840
	Altos Hornos	146 800	77 718
	San Francisco	83 037	42 000
	Santa Ana de Bolueta	5 900	2 900
	Purisima Concepcion	4 200	2 100
Alava	Fabrica de Araya	9 700	4 400
Guipuzcoa . . .	F. San Pedro, Elgoibar . . .	8 000	3 900
	Zusammen	477 260	236 858

Digitized by Google

Roheisenerzeugung nach Provinzen in Tonnen.

	1888	1892	1893	1897	1898
Biscaya	154 000	195 000	200 000	228 000	192 609
Oviedo (Asturien)	3 000	46 865	55 000	59 000	55 603
Guipuzcoa	1 000	—	—	—	13 787
Navarra	5 000	1 293	14 000	5 600	
Alava	1 000	3 660	3 450	4 500	
Santander	1 000	511	600	—	
Zusammen	165 000	247 329	273 050	297 100	261 999

Roheisenerzeugung der drei in Bilbao (Biscaya) bestehenden Hochofenwerke.

Jahr	Sociedad Biscaya	Sociedad Altos Hornos	J. Martini de las Rivas
1890	86 500	—	55 450
1891	107 515	78 300	38 616
1892	102 818	60 152	17 430
1893	99 127	—	20 384
1894	101 411	92 309	24 024
1895	73 142	80 300	25 922
1896	90 015	80 319	36 403

Roheisenausfuhr von 1890 bis 1899 in Tonnen.

Nach	1890	1892	1893	1894
Grofsbritannien	18 949	13 137	1 005	6 435
Deutschland	11 030	7 481	7 156	8 943 [1])
Italien	29 991	16 571	14 650	19 908
Portugal	—	100	—	—
Frankreich	5 318	16 593	6 983	6 299
Belgien	85	10	980	1 729
Holland [2])	2 073	7 629	1 192	3 133
Zusammen	67 446	61 521	31 966	46 447

Nach	1895	1896	1897	1898	1899
Grofsbritannien	331	2 840	9 720	15 898	4 500
Deutschland	6 082	7 736	7 860	7 660	10 127
Italien	12 025	5 736	9 521	11 706	9 995
Portugal	10	—	—	—	—
Frankreich	1 489	300	9 642	7 643	7 034
Belgien	2 441	1 117	5 400	2 570	2 848
Holland [2])	217	4 783	1 350	628	5 537
anderen Staaten	74	—	—	—	280 (Dänemark)
Zusammen	22 669	22 512	43 493	46 105	40 321

[1]) Hiervon 3000 Tonnen für Deutschland, der Rest für Österreich-Ungarn.

[2]) Grofsenteils für Deutschland.

Schmiedeeisen-(Schweifseisen-)erzeugung in Tonnen.

1870	36 163	1890	63 933
1880	49 021	1892	122 295
1882 bis 1885	50 000 bis 60 000[1] (im Jahresdurchschnitt)	1893	121 349
		1894	54 214
1886	112 294	1895	48 462
1887	100 000	1896	53 795
1888	40 000	1899	40 332

Schmiedeeisen-(Schweifseisen-)erzeugung nach Provinzen in Tonnen.

	1892	1893
Biscaya	71 308	72 149
Oviedo (Asturien)	41 687	40 000
Guipuzcoa	2 800	2 800
Navarra	3 300	3 250
Alava	3 200	3 150
Zusammen	122 295	121 349

Stahl-(Flufseisen-)erzeugung in Tonnen.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1881	385	1888	28 645	1894	62 853
1882	554	1889	49 124	1895	76 801
1884	373	1890	63 011	1896	107 577
1885	361	1891	69 972	1897	121 100
1886	20 261	1892	57 500	1898	112 105
1887	35 492	1893	71 582	1899	112 981

Stahl-(Flufseisen-)erzeugung nach Provinzen in Tonnen.

	1892	1893	1897		1898	
			Bessemerblöcke	Siemens-Martinblöcke	Bessemerblöcke	Siemens-Martinblöcke
Biscaya	46 000	60 000	62 700	22 200	53 500	33 352
Oviedo (Asturien)	9 300	10 500	—	16 400	—	18 553
Guipuzcoa	490	600	500	—	500	6 200
Navarra	100	100	—	—		
Zusammen	55 890	71 200	63 200	38 600	54 000	58 105
			101 800		112 105	

[1]) Hiervon direkt aus Eisenerzen:

1882	5 553 Tonnen	1884	1 906 Tonnen
1883	2 304 „	1885	1 901 „

Digitized by Google

Übersicht der Erzeugung der spanischen Eisenindustrie.

	1882	1884	1886	1888	1890
Eisenerze	4 726 293	3 907 266	4 166 946	5 609 876	6 065 113
Roheisen	120 064	124 363	156 204	212 116	179 433
Schweifseisen	55 531	55 000	112 294	40 000	63 933
Stahl (Flufseisen)	554	373	20 261	28 645	6 311

	1892	1894	1896	1898	1899
Eisenerze	5 405 642	5 352 353	6 762 582	7 197 017	9 397 773
Roheisen	211 436	123 798	246 326	262 497	299 765
Schweifseisen	122 295	54 214	53 793	65 990	66 568
Stahl (Flufseisen)	57 500	62 853	107 577	112 105	117 650

Zahl der Eisenwerke, Gruben und Arbeiter.

	1883	1885	1894	1895	1896	1897	1898
Eisenwerke . . .	39	39	17	16	15	15	11
Arbeiter	6 785	6 593	9 025	8 517	8 439	8 713	8 706
Eisenerzgruben .	—	—	299	—	—	402	357
Bergarbeiter . .	—	—	12 926	—	15 463	17 417	19 482

Eisen- und Stahlfabrikate 1897.

In Tonnen.

Biscaya	94 000
Oviedo	33 500
Guipuzcoa	3 150
Navarra	3 000
Andere Bezirke	600
Zusammen	134 250

Eisen- und Stahlerzeugung 1899.

In Tonnen.

Roheisen	299 765
Puddeleisen	66 568
Bessemerblöcke	68 300
Siemens-Martinblöcke	49 350
Eisen und Stahl gewalzt und geschmiedet	173 566

Einfuhr in Tonnen.

	1890	1891	1892	1893
Steinkohlen	1 431 623	1 615 253	1 688 537	1 497 699
Koks	286 080	308 969	175 872	267 288
Roheisen	34 335	30 560	30 022	23 484
Eisengufs	16 581	18 014	10 177	7 139
Schienen nnd Stabeisen . .	68 682	34 269	31 637	19 914
Blech	—	2 639	2 433	—

Digitized by Google

	1894	1895	1896	1897
Steinkohlen	1 612 147	1 505 541	1 447 345	1 633 333
Koks	225 900	219 643	234 033	214 763
Roheisen	26 561	12 384	8 607	1 855
Eisenguſs	9 116	7 768	14 832	13 558
Schienen und Stabeisen	23 121	13 332	26 265	24 837
Blech	—	12 401	9 701	—

Einfuhr in Tonnen.

	1891	1892	1893	1894	1897
Roh- und Alteisen	34 609	30 022	23 348	25 303	1 855
Guſswaren	18 014	10177	6 870	9 648	13 370
Eisenbahnschienen	15 800	15 989	4 809	7 940	3 626
Stab- und Walzeisen, Bleche	22 694	20 268	5 222	15 522	14 319
Schmiedeeiserne Röhren	4 160	3 233	3 217	2 889	1 871
Schrauben, Nägel u. s. w.	4 483	3 873	3 132	3 242	2 201
Draht	6 122	6 221	4 873	5 024	1 993
Schmiedestücke	13 479	9 565	6 986	6 285	8 174
Weiſsblech	2 659	2 933	2 986	3 149	566
Maschinen und Fahrzeuge	34 836	30 947	23 117	21 940	23 409

Die Ausfuhr besteht in Eisenerz und Roheisen und ist oben bereits angegeben. Eine geringe Menge von verarbeitetem Eisen und Stahl geht nach den Kolonieen. Eine genauere Detaillierung der Einfuhr und Ausfuhr giebt die nachstehende Zusammenstellung.

Ausfuhr in Tonnen.

	1891	1892	1893	1894	1897	1898
Eisenerze	4 343 884	4 773 828	4 646 877	4 968 222	6 884 588	6 558 000
Roheisen	43 412[1])	66 657	31 231	48 583	43 632	46 105
Eisen und Stahl						
in Stangen	2 454	2 454	2 129	—	—	—
alte Schienen	3 268	3 427	9 214	—	—	—
unverarbeitet	2 915	2 601	1 687	—	—	—
Maschinen	683	361	712	—	—	—

Ein- und Ausfuhr nach Wert in 1000 Mark.

	1899		1900	
	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr
Eisen und Eisenwaren	14 387	5 731	27 411	3 987
Maschinen, Fahrzeuge, Instrumente	81 545	110 521	586	847

[1]) Nach anderer Angabe 67 446 Tonnen.

Digitized by Google

Die übrigen Länder Europas.

Die übrigen Länder Europas haben für die Geschichte der Eisenindustrie nur untergeordnete Bedeutung.

Norwegen, dessen Eisenerzeugung im 18. Jahrhundert noch bedeutend war, mufste dieselbe infolge der Konkurrenz des billigeren englischen Steinkohlenroheisens immer mehr einschränken. 1872 sollen noch in 18 kleineren Eisenhüttenwerken mit etwa 1300 Arbeitern 6250 Tonnen Roheisen, in neun Eisengiefsereien 1750 Tonnen Gufswaren und in verschiedenen Frischhütten 4000 Tonnen Stabeisen mit Holz und Holzkohlen erzeugt worden sein. Dies entsprach ungefähr dem halben Bedarf. Es mufsten 6200 Tonnen Eisen und Stahl eingeführt werden. Seit 1895 wurden in Norwegen nur noch etwa 400 Tonnen Roheisen jährlich erzeugt. Die Einfuhr von Eisen und Eisenwaren betrug dagegen 1891 13 414 Tonnen, 1897: 19 757 Tonnen. Der Eisenbedarf des Landes ist nicht bedeutend, weil die Entwickelung der Eisenbahnen infolge der Terrainschwierigkeiten und der zerstreuten Lage der Ansiedelungen im Innern des Landes nur eine geringe ist. 1899 betrug die gesamte Länge der norwegischen Bahnen 1952 km, wovon 1802 km Staatsbahnen waren. Es kamen nur 60 km Eisenbahn auf 10 000 qkm, es war dies das niedrigste Verhältnis in Europa. Arendal ist der Mittelpunkt der norwegischen Eisengewinnung. Die wenigen Hochöfen, die noch betrieben werden, verschmelzen Magnetit von Arendal. Zu Nås befindet sich ein Tiegelstahlschmelzwerk. Einen hoffnungsvollen Ausblick in die Zukunft gewährt die im Frühjahr 1898 beschlossene Fortsetzung der Luleå-Gellivara-Eisenbahn bis zur norwegischen Küste bei Ofoten[1]). Dadurch sollen die reichen Eisensteinlager von Kirunavaara und Luossavaara erschlossen und einem eisfreien Hafen an der Nordsee zugeführt werden. Die eingleisige Luleå-Gellivarabahn reicht hierfür nicht aus und aufserdem leidet der Hafen von Luleå an dem grofsen Mifsstand, dafs er wegen der Eisverhältnisse nur die Hälfte des Jahres zu benutzen ist. Ist die Bahn Luleå-Ofoten erst eröffnet und sind die reichen Magneteisensteinlager im Innern Nordschwedens genügend erschlossen, so kann sich an der norwegischen Küste bei Ofoten eine Eisenindustrie ähnlich wie bei Bilbao entwickeln, indem die englischen Erzschiffe gern Steinkohlen als Rückfracht zu billigen Sätzen verladen werden. Aufserdem befinden sich im nördlichen Norwegen in Dunderland aus-

---

[1]) Stahl und Eisen 1899.

Digitized by Google

gedehnte Eisenerzlager. Eine andere hoffnungsvolle Aussicht gewähren die zahlreichen Gefälle, die, in elektrische Kraft umgewandelt, der Eisenindustrie nutzbar gemacht werden können.

Einer kürzlich erschienenen geschichtlichen Studie von Otto Vogel, „Norwegen als Eisen erzeugendes Land“[1]), entnehmen wir nachfolgende statistische Zahlen, die den Rückgang der Eisenerzeugung und die Zunahme des Bedarfes und der Einfuhr beleuchten:

Jahr	Eisenerz-förderung Tonnen	Roheisen-erzeugung Tonnen	Stabeisen und Stahlerzeugung Tonnen
1866	24 580	6 320	4 160
1870	21 155	3 975	1 110
1875	28 805	2 231	478
1880	6 715	932	653
1885	300	698	539
1890	1 300	517	691
1895	1 250	348	379
1897	3 627	400	452

Einfuhr in Tonnen.

Jahr	Roheisen und Gufswaren	Stab-, Winkel-eisen usw.	Schienen	Stahl	Blech	Andere Eisen-waren	Zu-sammen
1866	4 935	7 260	1 895	310	1 975	5 270	21 645
1870	5 417	6 920	3 863	202	1 683	4 935	23 020
1875	14 071	15 694	12 386	498	2 379	9 006	54 034
1880	5 765	13 886	3 232	420	1 994	7 341	32 638
1885	10 395	10 398	1 092	859	5 606	10 112	38 462
1890	18 227	17 531	4 330	2 184	9 034	11 924	63 230
1895	19 654	24 985	10 327	3 654	—	14 486	73 106
1898	23 106	26 203	10 327	2 428	—	62 197	124 261

Ausfuhr in Tonnen.

Jahr	Roh- und Alteisen	Gufs-waren	Stabeisen	Bleche	Nägel	Stahl	Zu-sammen
1866	170	20	2 325	35	125	125	2 800
1870	1 029	50	1 100	79	131	234	2 622
1875	239	353	54	97	806	97	1 646
1880	699	81	455	10	2 079	222	3 546
1885	1 825	152	7	12	5 598	83	7 677
1890	3 610	225	23	1	9 788	178	13 825
1895	8 188	—	19	—	10 408	133	18 748
1898	3 844	—	25	—	7 270	158	11 297

[1]) Stahl und Eisen 1900, S. 1138.

Digitized by Google

Dänemark hat keine eigene Eisenindustrie, mufs alles Eisen einführen und bietet also nur als Importgebiet ein Interesse. Die Einfuhr nach Dänemark stellte sich im Jahre 1893 wie folgt:

	Gesamteinfuhr	Aus Grofsbritannien	Aus Deutschland	Aus Schweden
Bandeisen	24 800	1850	10 250	9650
Stahl in Stangen	5 900	4750	600	400
Eisenbahnschienen	4 450	2900	1 000	55
Gas- und Wasserleitungsröhren	4 500	3650	550	75
Nägel aller Art	4 050	195	2 800	600
Grobe Gufs- und Schmiedeeisenwaren	10 250	2650	750	750

Die Länge der Eisenbahnen betrug 1897 2465 km, wovon 1750 km Staatsbahnen waren.

Einfuhr im Jahre 1897 (nach Rentzsch).

Stabeisen	37 595	Tonnen
Stahl	4 420	„
Eisenbahnschienen	25 309	„
Röhren	9 336	„
Platten und Bleche	14 181	„
Bolzen und Spieker	5 975	„
Draht und Drahtwaren	5 851	„
Eisenwaren und Materialien	23 706	„

Die Einfuhr aus Deutschland stieg von 1889 bis 1898 bedeutend; sie betrug 1889: 19 793 Tonnen; 1892: 26 328 Tonnen; 1895: 39 646 Tonnen; 1898: 49 792 Tonnen. Die Hauptartikel waren 1898 Eck- und Winkeleisen 10 491 Tonnen, Stab-, Radkranz- und Pflugschareisen: 13 912, Draht und Drahtstifte 7182 Tonnen.

Die Niederlande sind ebenfalls arm an Kohlen und Eisen. Steinkohlen besitzen sie bei Kerkrade in der Provinz Limburg; die Förderung betrug 1889 54 400 Tonnen. Raseneisensteine findet man in verschiedenen Provinzen, besonders in Geldern und Oberyssel, aber die geringwertigen Erze vertragen keine hohen Transportkosten, und es werden die geringen Mengen, die gewonnen werden, in den nahen deutschen Hütten bei Lingen-Meppen verschmolzen. 1860 gab es in Holland noch vier Eisenhütten, die mit Holzkohlen etwa 3000 Tonnen Roheisen aus Raseneisenstein erbliesen. Diese konnten aber mit dem billigen Koksroheisen nicht konkurrieren und sind längst eingegangen. Holland mufs deshalb seinen Eisenbedarf durch Einfuhr decken.

Digitized by Google

Dagegen haben die Niederlande eine grofse Bedeutung als Spediteure für die Nachbarländer, besonders für Deutschland. Der Seehandel der Niederlande ist sehr bedeutend; sie nehmen unter den Handelsstaaten Europas die vierte Stelle ein, indem sie nur von Grofsbritannien, Deutschland und Frankreich übertroffen werden. Durch ihre Schiffe vermitteln sie vielfach für die kontinentalen Nachbarstaaten den Seetransport. Dies ergiebt sich aus den Zahlen der Ein- und Ausfuhr.

Der Erztransport, der früher sehr bedeutend war, ist dadurch zurückgegangen, dafs die Erze aus Spanien auf dem Rhein direkt nach Deutschland gefahren werden. 1889 betrug die holländische Ausfuhr (Transit) von Eisenerzen noch 395 396 Tonnen, 1893 hatte sie sich auf 136 691 Tonnen und 1898 auf 46 095 Tonnen vermindert. Dagegen geht nach wie vor eine grofse Menge englischen Roheisens über Rotterdam. 1895 betrug die Roheiseneinfuhr 155 526 Tonnen, die Ausfuhr 129 597 Tonnen, wovon 83 384 Tonnen nach Deutschland gingen, der Rest zumeist nach Belgien. Auch die ausgeführten Eisen- und Stahlfabrikate waren meist nur Transitgut.

Aus der Ein- und Ausfuhr von Roheisen ergiebt sich, dafs in den Niederlanden selbst 1895 nur 25 729 Tonnen, 1898 25 245 Tonnen, 1899 50 773 Tonnen blieben, das in den Eisengiefsereien verschmolzen wurde. Walzeisen wurde besonders für die Eisenbahnen, für den Schiffsbau und die damit zusammenhängenden Gewerbe, wie z. B. Ankerschmiede, und für Maschinenbau verbraucht. 1897 betrug die Länge der Eisenbahnen 2730 km, wovon 1445 km Staatsbahnen waren. Auf 10000 qkm entfielen also 829 km Eisenbahn.

Ein- und Ausfuhr nach und von Deutschland in Tonnen.

	Einfuhr		Ausfuhr
	1889	1892	1892
Roheisen und Alteisen	13 234	22 812	77 106
Stahl in Stäben	12 752	11 942	3 478
Stabeisen	35 486	51 105	9 066
Eisenbahnschienen	28 527	15 758	3 553
Gasröhren u. s. w.	2 669	4 867	31
Eisenwaren [1])	4 466	2 544	1
Nägel und Spieker	14 617	14 489	195
Maschinen [1])	2 790	5 218	? (88 Flufsschiffe)

[1]) Einfuhr in je 1000 Gulden. Ausfuhr in Tonnen.

Digitized by Google

Ein- und Ausfuhr 1895 in Tonnen.

	Einfuhr	Ausfuhr	Hiervon von und nach Deutschland	
			Einfuhr	Ausfuhr
Roheisen	155 526	129 597	12 093	83 384
Stahl in Stäben	49 009	20 418	24 388	5 422
Stabeisen	136 889	47 777	75 376	19 646
Eisenbahnschienen	22 225	21 858	18 332	13 200
Gasröhren u. s. w.	11 881	1 903	5 046	221
Eisenwaren [1])	5 454	15 118	2 689	1 551
Nägel und Spieker	22 698	23 005	20 034	337
Maschinen [1])	8 745	8 911	3 438	?

Ein- und Ausfuhr von Eisen und Eisenwaren in Tonnen 1899.

	Einfuhr	Ausfuhr
Roheisen	406 418	355 645
Stahl in Stäben	45 412	16 196
Stabeisen, Bleche	199 387	51 243
Eisenbahnschienen	20 362	11 736
Gasröhren u. s. w.	30 581	11 608
Eisenwaren [1])	11 106	14 336
Nägel und Spieker	18 965	17 933
Schiffsanker und -ketten [1])	412	235
Maschinen [1])	15 401	14 784

Die Schweiz ist nicht reich an Eisen und leidet unter dem gänzlichen Mangel an brauchbarer Steinkohle, darum hat die Eisenindustrie keine Fortschritte gemacht, ist vielmehr infolge der zunehmenden Entwaldung relativ zurückgegangen. Es finden sich Bohnerzablagerungen in den Kantonen Wallis, St. Gallen, Bern, Solothurn und Neuenburg. 1873 wurden 7112 Tonnen Roheisen mit Holzkohlen geschmolzen, dies war 0,05 Prozent der Weltproduktion, und da die Schweiz damals 2 669 147 Einwohner zählte, so war die Erzeugung auf den Kopf der Bevölkerung nur 2,66 kg. Jetzt beträgt die Roheisenerzeugung nur noch an 1000 Tonnen. Da die Schweiz aber eine hochentwickelte Industrie und ein ausgedehntes Eisenbahnnetz hat, so ist der Bedarf an Kohlen und Eisen grofs und infolgedessen die Einfuhr bedeutend.

[1]) Einfuhr in je 1000 Gulden. Ausfuhr in Tonnen.

Digitized by Google

Auf der Weltausstellung in Wien im Jahre 1873 hatte die Gesellschaft der Ludwig von Rollschen Eisenwerke zu Solothurn ihre Erzeugnisse vorgeführt. Die Gesellschaft verschmolz in Choindez Bohnerze mit Holzkohlen und Koks zu Roheisen, das sie zum Teil unmittelbar zur Erzeugung von Gufswaren verwendete, teils auf ihren vier Werken zu Gerlafingen, Choindez, Clus und Olten weiter verarbeitete. Ein grofser Teil der Produktion wurde zu Gufswaren verschmolzen, wovon die Gesellschaft 3500 Tonnen im Jahr erzeugte. Hervorragend waren ihre Hartwalzen und adoucierte Hartwalzen für Feinkaliber; Choindez betrieb Röhrengiefserei. Der Rest des Roheisens wurde in Herden mit Holzkohlen verfrischt und zu Walzeisen und Blechen verarbeitet. Hiervon wurden etwa 4000 Tonnen im Jahr erzeugt.

Einen alten Ruf hatte das Gufsstahlwerk von Georg Fischer in Schaffhausen, das schmiedbaren Gufs und Stahlgufs fabrizierte.

Die Einfuhr von Kohlen und Eisen war sehr bedeutend. 1890 wurden für 34 210 000 Frcs. Steinkohlen und für 26 418 000 Frcs. Eisen und Eisenfabrikate eingeführt. 1891 gab es in der Schweiz 249 Maschinenfabriken mit 16 490 Arbeitern. 1893 wurden 18 510 Tonnen fertige Maschinen im Werte von 23 Millionen Frcs. hergestellt. Der Wert der aus Deutschland im Jahre 1892 eingeführten Kohlen bezifferte sich auf 14½ Millionen Mark, und der von Eisen und Eisenwaren auf 29½ Millionen.

Dem Gewicht nach stellte sich die Einfuhr von Eisen und Eisenfabrikaten in den Jahren 1894 bis 1895 folgendermafsen:

	1894		1895	
	Zusammen Tonnen	Hiervon aus Deutschland Tonnen	Zusammen Tonnen	Hiervon aus Deutschland Tonnen
Roh- und Alteisen	72 845	27 778	62 054	18 952
Schienen u. Stabeisen, grob	74 602	71 678	73 719	71 585
Stabeisen, fein, und Façoneisen	20 916	17 298	21 867	17 697
Walzdraht, roh, 5 bis 11 mm	4 092	4 075	4 103	4 090
Eisenblech, roh, unter 3 mm	3 764	3 075	4 472	3 907
Eisenblech, verzinnt, verbleit, verzinkt u. s. w. .	8 235	1 729	8 025	2 115
Eisengufswaren	12 995	6 535	9 793	6 050
Röhren, gezogen u. gewalzt	5 214	5 185	5 973	5 921
Eisenwaren	9 932	7 331	11 366	8 923
Zusammen	212 595	144 684	201 372	138 640

Digitized by Google

Wenn wir die Eisenerzeugung im Lande in dieser Zeit auf 100000 Tonnen im Jahr veranschlagen, so war der Verbrauch auf den Kopf der Bevölkerung 103 kg. 1897 betrug die Einfuhr aus Deutschland dem Werte nach für Kohlen 23 Millionen Mark, für Eisen und Eisenwaren 55 Millionen Mark. Die Länge der Eisenbahnlinien betrug in diesem Jahre 3706 km, demnach 896 km auf 10000 qkm. 1898 wurden für 28800000 Mark Maschinen in der Schweiz erzeugt.

Wert der Ein- und Ausfuhr 1889 in 1000 Frcs.

	Einfuhr	Ausfuhr
Steinkohlen und Koks	23 145	177
Roh-, Alt- und Luppeneisen	3 559	426
Rohschienen und Ingots, Stabeisen, Blech, schwere Schienen	9 536	28
Leichte Schienen, Façoneisen	3 834	55
Eisengufswaren	1 900	465
Eisen- und Stahlwaren	8 050	2 700
Eisen und Eisenwaren zusammen	26 879	3 674
Maschinen	11 703	29 980
Ein- und Ausfuhr aus bezw. nach Deutschland	32 483	7 037

Wert der Ein- und Ausfuhr 1899 in 1000 Frcs.

	Einfuhr	Ausfuhr
Eisen und Eisenartikel	116 218	6 007
Maschinen	39 442	44 155

Einfuhr 1895 und 1897 in Tonnen.

	1895		1897	
	Zusammen	Hiervon aus Deutschland	Zusammen	Hiervon aus Deutschland
Roh- und Alteisen	62 054	18 952	75 021	25 998
Stabeisen, Blech, schwere Schienen	73 719	71 585	89 345	78 070
Leichte Schienen, Façoneisen	21 867	17 697	29 031	22 510
Walzdraht	4 103	4 090	5 007	4 749
Dünne Bleche, verzinnt, verbleit u. s. w.	12 497	6 022	16 701	7 233
Eisengufswaren	15 766	11 971	14 930	7 075
Eisen- und Stahlwaren	11 375	8 323	23 437	17 926
Maschinen	19 710	15 026	26 972	18 630

Digitized by Google

Neuerdings hat Müller-Landtmann[1]) auf die altbekannten Erzlager im Mülithal und in Grund bei Innertskirchen, die nachweislich schon im 14. Jahrhundert benutzt wurden, hingewiesen. Die Erzmenge wird nach den Untersuchungen von Dr. Albert Heim und Dr. L. von Tetmayer auf 14 276 000 Tonnen geschätzt. Müller-Landtmann giebt der Hoffnung Ausdruck, dafs es bald gelingen möge, durch Verwendung der starken Wassergefälle der Aar und anderer Flüsse zur Erzeugung von elektrischer Kraft und Wärme hier eine Eisenindustrie zu schaffen. Er denkt dabei an die Verhüttung der Erze mit Calciumkarbid, das dort dargestellt werden könnte, oder an direktes Ausschmelzen in elektrischen Schmelzöfen.

Die Balkanstaaten sind reich an Eisenerzen, ihre Bewohner sind aber in der Technik so zurückgeblieben, dafs ihre eigene Erzeugung ganz unbedeutend und nur noch für den Altertumsforscher von Interesse ist, ihr Bedarf aber fast ausschliefslich durch Einfuhr gedeckt wird.

Dafs aber die Eisenindustrie in diesen Ländern entwickelungsfähig ist, zeigt das Beispiel von Bosnien, wo die österreichische Regierung seit der Occupation unter denselben Unständen eine bedeutende moderne Eisenindustrie ins Leben gerufen hat.

Serbien, obgleich reich an Eisenerzen, hat keine eigene Eisenindustrie. Die Einfuhr betrug dem Werte nach zu 1000 Frcs.:

	1890	1898
Roheisen	25	[2])
Alteisen	850	
Stab- und Façoneisen	630	741
Schienen und Träger	232	235
Stahl	135	?
Blech und Draht	235	280
Nägel, Stifte, Nieten	338	342
Hufeisen	34	?
Zusammen	2479	—
Waren und Werkzeuge aus Eisen	1128	1666
Maschinen und Fahrzeuge	1409	1320

Den Hauptanteil an der Einfuhr hat Österreich-Ungarn, dann Belgien und diesem folgen Grofsbritannien und Deutschland mit annähernd gleichen Werten.

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1900, S. 500.

[2]) Die Summe der eingeführten Metalle betrug 12 003 Tonnen im Werte von 4 352 000 Frcs.

Digitized by Google

Bulgarien besitzt ebenfalls gute Eisenerze an vielen Punkten[1]), aber nur bei der Stadt Samakow wird Eisen geschmolzen. Hier ist eine alte Industrie, die vormals von gröfserer Bedeutung war. Das Eisen von Samakow war seiner Güte wegen nicht nur in der Türkei und Walachei, sondern selbst in Kleinasien sehr geschätzt. Das Schmelzen geschieht in kleinen Wolfsöfen von 60 bis 70 cm Weite mit Holzkohlen, mit Hülfe von Blasebälgen, die durch Wasserräder bewegt werden. Das Eisen kommt nicht zum Fliefsen, sondern wird als Luppe (Wolf) ausgebrochen. Diese Luppen werden in 7 km entfernten Schmieden in Herden ausgeschweifst und zu glatten Stücken geschmiedet. Dieses Eisen kostet 41,25 Frcs. (33 Mark) die 100 kg, obgleich das Erz nur die Mühe des Auflesens erfordert und die Arbeitslöhne unerhört billig sind. Ein Arbeiter verdiente (1880) 25 Zent. und 1 Ocka ($1\frac{1}{4}$ kg) Roggenmehl, das der Herr liefern mufste.

Die 15 bis 16 Hütten, die 1880 betrieben wurden, erzeugten zusammen 120 Tonnen Eisen und waren kaum mehr konkurrenzfähig. Das meiste Eisen wurde eingeführt. Es betrug die Einfuhr von Eisenwaren dem Werte nach zu 1000 Frcs.:

	1887	1888	1892
Zusammen	3333	2560	4062
Hiervon aus Deutschland	426	678	951

Hierzu kamen 1892 noch für 2 786 228 Frcs. Geschosse, davon für 2 777 222 Frcs. aus Deutschland, und für 2 046 765 Frcs. Maschinen, davon für 711 893 Frcs. aus Deutschland.

1898 betrug die Einfuhr in 1000 Frcs.:

Roheisen	1222
Stahl	171
Weifsblech	84
Eisenblech	322
Reifen- und Bandeisen	302
Grobe Gufswaren	1057
Drahtstifte	122
Eisenwaren	1684
Maschinen	3528

[1]) Siehe Berg- und hüttenmänn. Ztg. 1881, S. 325.

Digitized by Google

Rumänien hat gar keine Eisenhütten.

Einfuhr in 1000 Frcs.

	1889	1899
Gufs- und Schmiedeeisen	1 383	995
Rohstahl	528	235
Schienen und Weichen	2 353	1 869
Bandeisen, Radreifen u. s. w.	2 693	2 734
Façoneisen	—	2 062
Eisen- und Stahlblech	2 835	4 386
Weifsblech	2 591	2 790
Eisen- und Stahldraht	394	642
Grobe Maschinenstücke	2 430	1 612
Feine Eisengufswaren	527	314
Schmiedeeisenwaren	858	7 977
Nägel und Bolzen	4 055	2 097
Schrauben und Muttern	1 194	959
Grobe Schlosserarbeiten	90	
Eiserne Röhren	586	2 191
Achsen und Wellen	456	
Eisenwaren	8 564	9 182
Maschinen und Fahrzeuge	20 394	31 566
Zusammen	51 931	71 811

In der Türkei selbst liegen die Verhältnisse ähnlich wie in Bulgarien, trotz des Reichtums an Erzen nur geringe Eisengewinnung nach veraltetem, höchst unvollkommenem Verfahren. Einer Schilderung Wilh. Fischbachs aus dem Jahre 1873 entnehmen wir Nachfolgendes über die damaligen Zustände. Die Gewinnung der Erze ist unendlich primitiv und erinnert an Plinius' Schilderung. Aus Spannteichen wird das Wasser durch Schleusen und Rinnen auf die Eisensand (Bohnerze) führenden Felsen geleitet, das diese zerstört. Von Zeit zu Zeit wird mit eisenbeschlagenen Stangen nachgeholfen. Das Erz wird in aus Brettern gezimmerten Schlämmkasten gesammelt und ausgeschlagen, alsdann auf Eseln und Maultieren nach den im Gebirge in den Urwäldern gelegenen Schmelzhütten gebracht. Hier wird es in $2^1/_2$ bis 3 m hohen, unten 0,75, oben 0,30 m weiten Öfen, von denen gewöhnlich zwei oder vier mit der Rückwand zusammengebaut sind, mit weichen Holzkohlen und etwas grünem Holz in achtstündiger Schicht zu Luppen von 80 bis 100 kg Gewicht geschmolzen, die aus der mit Lehm geschlossenen Brust ausgebrochen werden. Die oberschlächtigen Wasserräder treiben Spitzbälge, die starke Windstöfse liefern. Die ausgebrochene Luppe von zähem Schmiedeeisen wird noch

Digitized by Google

glühend von entkleideten Arbeitern mit Äxten in Stücke zerhauen. Jeder Hieb wird mit heulenden Schreilauten begleitet, um den Takt für den Mitarbeiter anzugeben. Je mehr die Luppe erkaltet, desto schwieriger wird diese Arbeit. Die Luppenhälften werden dann auf Lasttieren nach den Hämmern getragen, dort gefrischt und in flache Stäbe von ungleichmäfsiger Form ausgestreckt. Die Schmiede hat 37 m Wassergefälle. Der Hammer wog 500 kg und machte 250 Schläge in der Minute. Die Eisenwerksbesitzer müssen feste Abgaben bezahlen und können mit dem nur mit geringem Zoll belegten ausländischen Eisen kaum mehr konkurrieren. Infolgedessen dürften diese Betriebe inzwischen wohl eingegangen sein.

Es betrug die Einfuhr dem Werte nach in 1000 Piastern [1]):

	1888/89 [2])	1892/93	1896/97
Eisen	29 135	45 411	27 059
Stahl	1 892	2 527	248
Weifsblech	5 219	7 194	5 421
Eisenblech	111	51	160
Nägel	11 106	13 881	11 908
Eisenwaren	5 794	10 320	10 140
Instrumente und Apparate	15 764	34 977	27 655
Maschinen	4 864	7 856	5 744
Zusammen	73 885	122 217	88 335

Griechenland ist reich an Eisenerzen. Zwar sind die klassischen Fundorte im Taygetus im Pelopones verlassen, weil der Transport bis zur Seeküste zu beschwerlich und zu kostspielig ist, um so mehr werden die für den Schiffstransport günstig gelegenen Erzlager in Attika, Böotien, Euböa und auf den Cykladen abgebaut. Besonders ist es die zu den letzteren gehörige kleine Insel Seriphos, die grofse Mengen von vortrefflichem Eisenerz für die Ausfuhr liefert.

Im Jahre 1898 betrug die Förderung von:

Seriphos	155 500	Tonnen
Marathon	110 200	„
der Insel Kytheros	12 600	„
„ „ Kale	5 100	„
„ „ Kimolos	1 700	„
Haldari bei Athen	2 000	„
Zusammen	287 100	Tonnen

Im Jahre 1900 wurden 531 850 Tonnen Eisen- und Manganerze gewonnen.

---

[1]) 1 Piaster = 0,1864 Mark.
[2]) Vom 1. bis 1. März.

Diese Erze werden gröfstenteils nach England und Deutschland verschifft, 1898 gingen auch 40000 Tonnen nach Servola bei Triest. Aufserdem finden sich Manganerze in den Tertiärablagerungen von Attika (zu Laurion), Böotien, Euböa und im Pelopones, die aber bis jetzt kaum ausgebeutet werden; dagegen findet ein bedeutender Abbau auf der Insel Milos statt. Die Förderung von Manganerzen im Jahre 1898 betrug 14097 Tonnen. Ein für die Stahlindustrie wichtiges Mineral ist der Magnesit von Euböa, von dem 1898 14829 Tonnen gefördert wurden.

Die Verhüttung der Erze im Lande ist sehr beschränkt, es wird nur einiges Manganeisen für den Export erzeugt. Eine Hochofenhütte besteht noch nicht. Dagegen haben sich Maschinen- und Kesselbau, sowie Schiffsbau kräftig entwickelt. Im Jahre 1862 wurde die Société Hellénique des Constructions Basilades gegründet und 1868 zu einer Maschinenbauanstalt erweitert. Diese ist seitdem noch bedeutend gewachsen.

Im Jahre 1872 wurde eine zweite Maschinenbaugesellschaft, die Vulkanwerke der Herren MacDowell und Barbour, ins Leben gerufen, die sich besonders im Dampfkesselbau hervorthat. Aufserdem war die staatliche Schiffsbauanstalt im Hafen von Piräeus bereit, den Umbau eiserner Kriegsschiffe im Jahre 1898 selbständig übernehmen zu können.

Die Zahlenangaben über Ein- und Ausfuhr geben kein vollständiges Bild, immerhin dürfte nachfolgende Zusammenstellung für die Zeit seit 1889 einige Aufklärung geben.

Einfuhr 1889 dem Werte nach in Drachmen.

(1 Drachme = 1 Frc.)

	Insgesamt	Aus Deutschland
Metalle, roh (Eisen einbegriffen)	1 716 523	18 290
Verarbeitete Metalle	3 624 932	385 499
Maschinen	726 825	86 028

Einfuhr nach Wert in 1000 Drachmen.

	1891	1892	1893	1894	1895
Metalle, roh	14 900	12 970	11 013	11 778	13 042
Verarbeitete Metalle	6 300	5 600	3 333	4 487	8 631
Gewalztes Eisen	1 284	888	964	932	825
Gewalzter Stahl	262	140	305	296	431

	1891	1892	1893	1894	1895
Draht	1 483	1 269	?	1 241	?
Schienen	308	498	170	1 465	1 301
Röhren und Träger	723	546	307	468	?
Ordinäre Eisenwaren	1 775	1 460	1 353	1 350	—
Feine Eisenwaren	269	239	455	310	—
Schlösser	170	117	119	122	—
Nägel und Schrauben	285	175	182	200	—
Dampfmaschinen	307	101	110	811	
Nähmaschinen	229	820	103	114	914
Andere Maschinen	235	211	125	81	
Nähnadeln	—	—	23	31	—

Ausfuhr nach Wert in 1000 Drachmen.

	1891	1892	1893	1894	1895
Mineralien und Metalle	15 570	17 930	15 577	13 360	18 627
Manganeisen	1 260	2 589	1 758	2 684	?

Ein- und Ausfuhr 1896 bis 1898.

	1896	1897	1898
Einfuhr:			
Metalle und Waren	14 244	14 896	22 577
Ausfuhr:			
Erze und Metallwaren	14 618	19 430	20 961

Digitized by Google

Die Vereinigten Staaten von Nordamerika.

Die Entwickelung der Eisenindustrie in den Vereinigten Staaten seit 1870 bietet ein bewundernswertes Schauspiel dar. Es ist ein Siegeszug nach aufsen wie nach innen. Die technischen Fortschritte sind ebenso überraschend wie die gewaltige Zunahme der Produktion, die mit dem Jahre 1890 den Vereinigten Staaten die Führerschaft in der Eisenerzeugung erringen läfst. Grofsbritannien, das über 100 Jahre diese Rolle unbestritten inne hatte und dessen Produktion um die Mitte des 19. Jahrhunderts gröfser war als die aller übrigen Länder der Erde zusammengenommen, wurde von den Vereinigten Staaten überflügelt und mufs sich seitdem mit der zweiten Stelle begnügen.

Die Roheisenerzeugung ist von 1871 bis 1901 von 1733828 Tonnen auf 16132408 Tonnen, also um mehr als das Neunfache gestiegen.

Die Zunahme betrug:

1871 bis 1880 . .	von 1733828	auf	3895940	Tonnen	= +	2162112	Tonnen
1880 „ 1890 . .	„ 3895940	„	9349946	„	= +	5454006	„
1890 „ 1900 . .	„ 9349946	„	14009624	„	= +	4659678	„
1871 bis 1900 . .	von 1733828	auf	14009624	Tonnen	= +	12275796	Tonnen

Die Vereinigten Staaten besitzen, wie bekannt, unermefsliche Schätze an Steinkohlen und Eisenerzen von vorzüglicher Güte. Diese bildeten die Grundlage der gewaltigen Entwickelung der amerikanischen Eisenindustrie. Den Anstofs dazu gab aber die Einführung des Bessemerprozesses. Dieses Ereignis ist verhältnismäfsig spät eingetreten, obgleich der mechanische Prozefs, welcher nur wenig Handarbeit erfordert und grofse Massen erzeugt, so ganz dem Geschmack der Amerikaner entsprechend war. Die Gründe dieser Verzögerung haben wir an früherer Stelle mitgeteilt. Nachdem man sich aber einmal von der Überlegenheit der Bessemerschienen über die Schweifseisenschienen auch in Amerika überzeugt hatte, warf man sich mit der der Nation eigenen Energie auf die Herstellung von Bessemerstahl und von Stahlschienen und damit begann der gewaltige Aufschwung der amerikanischen Eisenindustrie.

1870 hatte die eigene Erzeugung von Eisenbahnschienen nur 620 Kilotonnen, die Einfuhr aber 399 Kilotonnen betragen. 1880 belief sich die eigene Erzeugung auf 1326 Kilotonnen, die Einfuhr auf 260 Kilotonnen. Von den 620 Kilotonnen im Jahre 1880 waren nur etwa 30 Tonnen, also noch nicht 5 Prozent, Flufsstahlschienen,

Digitized by Google

während 1886 448 Kilotonnen Eisen- und 878 Tonnen Stahlschienen, von letzteren also über 66 Prozent dargestellt wurden. Mit dem Jahre 1886 erreichte die Fabrikation von Schweifseisenschienen überhaupt ihr Ende und wurden seitdem nur Flufseisenschienen erzeugt, im Jahre 1886 rund 1600 Kilotonnen, während die fremde Einfuhr auf 40 Kilotonnen gesunken war.

Die Länge der Eisenbahnlinien der Vereinigten Staaten war von 1871 bis 1886 von 106583 km auf 222010 km gestiegen. Mit dem Jahre 1889 hörte die Einfuhr fremder (englischer) Eisenbahnschienen auf und deckte das Land seinen Bedarf, der 1898 2013 Kilotonnen erreichte, selbst. Die Bessemerstahlfabrikation ist aber von 1870 bis 1899 von 42 Kilotonnen auf 7708 Kilotonnen gewachsen. 1901 betrug die Erzeugung von Blöcken 8853 Kilotonnen.

Wohl haben die Vereinigten Staaten einen erstaunlichen Reichtum an den Rohstoffen, die für die Eisenerzeugung erforderlich sind, dennoch befindet sich nur Alabama in der glücklichen Lage wie Schottland, wo man Erze und Steinkohlen so nahe beisammen findet, dafs man sie aus denselben Schächten fördern kann. Die wichtigsten Eisenerzablagerungen liegen von den Steinkohlenlagern weit getrennt und müssen dieselben teils mit Schiffen zu Wasser, teils mit Eisenbahnen zu Lande dem einen oder dem anderen Gebiete zugeführt werden. So liegen die reichen und vorzüglichen Erze am Oberen See in den Staaten Minnesota, Wiskonsin und Michigan weit ab von dem Steinkohlengebiete und müssen dorthin gebracht werden, während andererseits die steinkohlenreichen Staaten Pennsylvanien, Ohio und Illinois verhältnismäfsig arm an Eisenerzen und auf die Zufuhr von den reichen Lagerstätten angewiesen sind. Die Frachten sind deshalb in Amerika ein besonders wichtiger Faktor für die Eisenindustrie und sind besonders billige Eisenbahnfrachten und gute Ladevorrichtungen die Existenzbedingung vieler Eisenwerke. Was in Bezug auf billigen Massentransport die nordamerikanischen Eisenbahnen leisten, ist bewunderungswürdig und unerreicht. Nur dadurch können die amerikanischen Eisenwerke so billig produzieren. Dennoch sind es nur Qualitätserze, die die weiten Transporte ertragen können, und dürfen die Werke, die sie beziehen, auch nur Qualitätseisen daraus darstellen. Dies geschieht, indem man das vorzügliche Roheisen an Ort und Stelle in Flufsstahl und zwar meist in Bessemerstahl überführt und daraus fertige Waren in vorzüglich eingerichteten Walzwerken herstellt. Anders verhält es sich in den Ländern, wo sich Erze und Steinkohlen zusammenfinden, wie dies namentlich in Alabama und Tennessee der Fall ist.

Digitized by Google

Diese Staaten erzeugen billiges Roheisen zum Verkauf und können dasselbe mit so geringen Kosten herstellen, dafs sie imstande sind, es in Europa auf den Markt zu bringen. So sind die Vereinigten Staaten, die vor 40 Jahren noch den gröfsten Teil ihres Giefsereiroheisens aus England bezogen, jetzt imstande, Giefsereieisen nach England zu verschiffen.

Wenn auch die natürlichen Verhältnisse die Grundlage für den grofsen Aufschwung der nordamerikanischen Eisenindustrie gebildet haben, so sind doch noch andere wichtige Faktoren hinzugekommen. Zunächst war es die sehr energische Schutzzollpolitik der amerikanischen Staatsregierung. Ursprünglich war der Schutzzoll während des Bürgerkrieges im Jahre 1863 aus Geldnot eingeführt worden. Als aber nach dem Friedensschlufs und der Rückkehr geordneter Verhältnisse die Frage der Aufhebung des Schutzzolles angeregt wurde, erklärten die pennsylvanischen Eisenindustriellen, die Rückkehr zum Freihandel würde der Ruin der amerikanischen Eisenindustrie sein. Seitdem wurde die Schutzzollpolitik beibehalten und weiter entwickelt mit dem Bewufstsein und der ausgesprochenen Absicht, dadurch die heimische Eisenindustrie zu gedeihlicher Entfaltung zu bringen. Dieses Ziel ist erreicht worden, die Schutzzölle sind aber trotzdem geblieben. Andere wichtige Faktoren, die den Aufschwung herbeigeführt haben, waren der kühne Wagemut und der energische Geschäftsgeist der amerikanischen Industriellen, sodann aber besonders ihre Intelligenz, ihr Erfindungsgeist, der durch einen starken Patentschutz unterstützt wird, und die wissenschaftliche Bildung der amerikanischen Eisenindustriellen. Die Amerikaner haben den Wert der wissenschaftlichen Grundlage für die Eisenindustrie und die Kontrolle der Betriebe besonders durch die chemische Analyse erkannt; sie haben auf allen gröfseren Werken chemische Laboratorien und Prüfungsanstalten eingerichtet und in allen wichtigen Eisenindustriestaaten reich ausgerüstete Lehranstalten für heranzubildende Techniker geschaffen. Hierzu kommt noch eine reiche und vortreffliche Litteratur.

Diese wichtigen und soliden Unterlagen bürgen dafür, dafs die amerikanische Eisenindustrie auch in der Zukunft sich gedeihlich fortentwickeln wird.

Wenn wir es nun versuchen, die technische Entwickelung des Eisenhüttenwesens in den Vereinigten Staaten seit 1870 in chronologischer Folge darzustellen, so kann dies nur in sehr beschränkter Weise geschehen, da der Stoff ein zu umfassender ist.

Ende der sechziger Jahre wurde besonders durch den Wiederaufbau

Digitized by Google

und die Vergröfserung des 1868 niedergebrannten Bessemerstahlwerkes zu Troy (New York) und durch die Erbauung der Cambriawerke 1868/69 eine Periode glänzenden Aufschwunges der amerikanischen Eisenindustrie eingeleitet. Die Produktion nahm bei immer steigenden Preisen zu bis in das Jahr 1873, wo plötzlich eine grofse Geldkrisis ausbrach, die auch auf die Eisenindustrie ungünstig einwirkte und einen Rückgang herbeiführte, der bis 1877 andauerte, von wo ab wieder eine Aufwärtsbewegung eintrat, die Ende der siebziger Jahre rasch zunahm. Es ist eine Eigentümlichkeit der Entwickelung der amerikanischen Eisenindustrie, dafs sie sich nicht stetig, wie die deutsche, sondern sprungweise, graphisch dargestellt in Zickzacklinien entwickelt hat. Es lag dies an der Beweglichkeit des Kapitals und dem spekulativen Geist der Amerikaner. Waren die Verhältnisse günstig, so wendete sich das Kapital dem Industriezweige zu, neue Werke entstanden in überraschend kurzer Zeit, um dann, wenn die Unternehmungen wenig oder keinen Nutzen mehr bringen, ebenso schnell wieder eingeschränkt oder ganz kalt gelegt zu werden. Deshalb erscheint z. B. bei der Roheisenerzeugung häufig die Zahl der betriebenen Öfen zu der der vorhandenen so ungünstig; beispielsweise standen 1875 von 735 Hochöfen nur 363, und 1877 von 725 nur 244 im Feuer.

Die Roheisendarstellung[1]) geschah 1870 noch hauptsächlich mit Anthrazit, von den östlichen Alleghanies. Philadelphia war der Vorort dieser Industrie im östlichen Pennsylvanien und schmolzen auch die Hütten in New Jersey, New York und Connecticut damals noch mit Anthrazit. Die bituminösen Steinkohlen der westlichen Alleghanies wurden in Westpennsylvanien mit Pittsburgh als Centrum, ferner in Missouri, Wisconsin, Michigan und Canada verwendet. Dies Verhältnis erfuhr im Laufe der siebziger Jahre eine Verschiebung zu Gunsten der bituminösen Kohle.

Es wurden erzeugt in Tonnen:

	mit Anthrazit	mit Koks (bituminöser Steinkohle)	mit Holzkohlen	zusammen
1871	867 643	536 990	349 195	1 733 828
1880	1 639 666	1 768 972	487 603	3 896 241

Von den 697 Hochöfen im Jahre 1880 waren 228 für Anthrazit, 203 für Koks und 266 für Holzkohlenbetrieb bestimmt, davon waren

[1]) Siehe Reisebericht von Dr. G. Klüpfel in der Berg- u. hüttenm. Ztg. 1871.

Digitized by Google

384 im Betrieb und zwar 165 mit Anthrazit, 126 mit Koks und 93 mit Holzkohlen.

Die reichsten Erze des östlichen Bezirkes waren die magnetischen Erze vom Lake Champlain, die in Port Henry verschifft wurden. Die wichtigsten Hochofenhütten im Anthrazitdistrikt lagen in Shuylkill-Susquehanna- und Lebanonthal. Der Brauneisenstein des Eisenlagers von Lebanon war 1870 für diese das Haupterz. Bei Harrisburg war die erste grofse Bessemerhütte Pennsylvaniens, die aber 1870 englisches Hämatiteisen verarbeitete, weil dies billiger war als das Holzkohlenroheisen vom Lake Superior, das früher verwendet worden war. Im Lehighthal befanden sich die gröfsten Hochöfen und zwar zu Bethlehem und Allentown, die aber bereits die Hälfte der Erze kaufen mufsten. Die Glentonwerke bei Paston hatten vier Hochöfen von 72 Fufs Höhe. Ein Ofen schmolz 43 Tonnen den Tag aus einer Erzbeschickung von 51 Prozent Eisengehalt. Die Gase wurden abgezogen. Der Wind wurde in eisernen Röhrenapparaten durch Gichtgase erhitzt. Auf der Thomashütte hatte man die Lürmannsche Schlackenform eingeführt. Die Eisenarbeiter im Lehighthal waren meist deutscher Abstammung. Auch die Puddelöfen dieses Gebietes, die meist mit Erz vom Lake Champlain ausgefüttert waren, wurden mit Anthrazit unter Anwendung kräftigen Unterwindes geheizt. Die gröfste Bessemeranlage war die von Griswold & Co. zu Troy, die in zwei Konvertern täglich 12 Chargen zu 5 Tonnen verblies. Von jeder Charge wurden Proben genommen. Die beiden Martinstahlwerke zu Trenton in New Jersey und zu Boston konnten nur durch den Schutzzoll bestehen; sie bezogen alle Rohmaterialien, selbst die feuerfesten Steine, aus England. Der Zoll betrug damals 6 Dollar in Gold pro Tonne Roheisen. Zu Trenton wurden 16 Chargen zu 4 Tonnen in der Woche gemacht.

In Westpennsylvanien mit Pittsburgh als Mittelpunkt wurde nur bituminöse Kohle verwendet. Die Verkokung geschah noch meistens in Haufen, als Öfen waren die runden Backöfen, die sogenannten Bienenkorböfen, in Gebrauch. Es gab sieben Hochöfen in diesem Gebiete. An Eisenerz war Mangel und wurden Erze vom Lake Superior bezogen. Die 1870 errichtete neue Kokshochofenanlage von Schönberger & Blair bezog die Hälfte ihrer Erze von Canada, die andere Hälfte von Pilot Kob in Missouri. Auf einen Teil des aus der 60 prozentigen Erzbeschickung erhaltenen Roheisens wurden $1^1/_4$ Koks verbraucht. Die Hochöfen hatten Blechmäntel und wurde das Schachtmauerwerk von sieben Säulen getragen. Man blies mit sechs Formen. Das neue Cambriastahlwerk verblies in seinen Bessemerbirnen zur

Digitized by Google

Hälfte englisches Hämatiteisen, zur Hälfte Holzkohlenroheisen vom Lake Superior. 1871 verarbeiteten 42 Walzwerke in Pennsylvanien mit 15000 Arbeitern 400000 Tonnen Roheisen, etwa ein Viertel der Produktion Nordamerikas: sieben Stahlwerke erzeugten 30000 Tonnen Stahlwaren. Eine bemerkenswerte Anlage war das Kaltwalzwerk von Jones & Laughlins in Pittsburgh, das besonders polierte Wellen für Transmissionen lieferte.

In Ohio verschwanden die alten Holzkohlenöfen mehr und mehr, ebenso der Kohleneisenstein, den man früher verhüttet hatte. Man bezog meistens Erze vom Oberen See. Youngstown war das Centrum der Industrie. Die zwei Hochofenhütten bei Cincinnati schmolzen mit $^3/_8$ Koks und $^5/_8$ magerer Steinkohle Erze von Missouri und Tennessee. In dem Schienenwalzwerk daselbst waren seit 1868 rotierende Puddelöfen (Danksöfen) im Gebrauche, in die das in Kupolöfen geschmolzene Roheisen flüssig eingeführt wurde. Die neue Bessemerhütte zu Cleveland war von dem deutschen Ingenieur H. Gmelin erbaut worden. Man walzte dort die Stahlschienenköpfe für sich und setzte sie auf die aus Puddeleisen gewalzten Unterteile auf. Die Bessemerflamme prüfte man mit dem aus gelben und blauen Gläsern hergestellten Chromopyrometer von Silliman.

In Missouri, wo sich die Eisenindustrie um St. Louis gruppierte, verschmolz man trotz der berühmten Erzvorkommen des Landes: Iron mountain, Pilot Knop, Sheppards Mountain, vielfach Lake Superior-Erze, besonders geschätzt war das Maramec-Erz. Die sieben Hochöfen der St. Louishütte verwendeten $^1/_3$ Koks von Pittsburgh und $^2/_3$ rohe Steinkohle aus Indiana.

Die Eisenindustrie am Lake Superior war noch jung. 1851 war der erste Holzkohlenhochofen in Betrieb gekommen. 1869 waren von 14 Öfen 10 in Thätigkeit. 1870 wurde der erste Hochofen für Steinkohlenbetrieb bei Marquette erbaut, der die Kohlen von Cleveland als Rückfracht erhielt. Bei Chicago waren zwei Hütten, welche, wie die von St. Louis, mit $^1/_3$ Koks und $^2/_3$ Kohlen schmolzen. Sie hatten vier Walzwerke. Erz und Kohlen mufsten bezogen werden. Dennoch war die Lage als wichtiges Verbrauchscentrum günstig. Milwaukee, wo 1869 ein Walzwerk und 1870 eine Hochofenanlage am Michigansee entstanden waren, lag günstiger für den Bezug. Die Öfen waren für Steinkohlenbetrieb erbaut, 66 Fufs hoch und mit Blechmänteln versehen.

Die Arbeitslöhne waren 1870 durchschnittlich viermal so hoch

Digitized by Google

wie in Deutschland. Ein Puddler in Pittsburgh erhielt 12 Mark, in St. Louis 13 1/2 Mark den Tag.

In Missouri war auf den Vulkanwerken ein Hochofen von 100 Fuſs Höhe und 25 Fuſs Kohlensackweite erbaut worden, von dem man eine Produktion von 180 bis 200 Tonnen den Tag erhoffte. In Richardsons Gieſserei zu Hartlepool standen die Formkasten auf einer elliptischen Eisenbahn, die sie dem Stampfraum, dem Gieſsraum und dem Raum zum Entleeren zuführte. Besonders groſse Eisen- und Stahlwerke entstanden in Illinois am Südende des Michigansees um die emporstrebende Hauptstadt Chicago. Dorthin konnten die Erze vom Lake Superior auf Schiffen gelangen und ausgedehnte Steinkohlenlager fanden sich in der Nähe. 1872 kamen auſser den älteren South-Chicago-Eisenwerken die Eisen- und Stahlwerke Joliet und North-Chicago in Betrieb. Die Erzeugung von Bessemerschienen besonders in Joliet war von 1869 bis 1871 von 53 261 Tonnen auf 91 178 Tonnen gestiegen [1]).

Wichtige Fortschritte machte die Bessemerstahlerzeugung in den Vereinigten Staaten Anfang der siebziger Jahre. Hierzu trugen drei Männer, John Holley, John Fritz und George Fritz, besonders bei. Die wichtigsten Werke waren Troy, Harrisburg, Newburg bei Cleveland in Ohio, Johnstown und Bethlehem in Pennsylvanien, die Südchicagowerke bei Bridgeport, Joliet und die Nordchicagowerke. Zu Troy erreichte man 1872 in zwei 5-Tonnen-Konvertern eine Monatsproduktion von 2000 Tonnen, indem man 16 bis 20 Chargen in 24 Stunden blies. Dieses rasche Treiben, welches seitdem immer mehr gesteigert wurde, entsprang nicht allein dem Streben nach Massenproduktion, sondern es entsprach auch dem amerikanischen Bessemerroheisen, das einen geringen Siliciumgehalt hatte und deshalb rasch verblasen werden muſste. Das schnelle Verblasen der Chargen wurde wesentlich gefördert durch die Erfindung der Losböden von Alexander Holley in Troy, die 1871 zu allgemeiner Einführung gelangten und eine rasche Wiederinstandsetzung der Birnen ermöglichten. Die Verbesserung, welche John Fritz in den Bethlehem-Works dadurch einführte, daſs er den Boden der Gieſsgrube mit dem Hüttenboden in gleiche Höhe legte, so daſs eine Eisenbahn direkt in die Grube fahren konnte, hatte auch den Zweck, den Betrieb zu beschleunigen. Dasselbe läſst sich von der wichtigen Verbesserung der Walzwerke durch John Fritz,

---

[1]) Wir verweisen auf die ausführliche Beschreibung der amerikanischen Eisenwerke von Hugo Hartmann in der Berg- und hüttenmänn. Ztg. von 1872 und auf Lenox Smiths, The manufacture of steel, New York 1872.

Digitized by Google

die Einführung von Triowalzen, erst nur zum Auswalzen von Schienen, später auch zum Walzen der Blöcke, sagen. George Fritz führte in Troy vertikale Gebläsemaschinen ein und verbesserte den hydraulischen Betrieb, besonders durch die Einführung der Worthington-Dampfpumpe ohne Schwungrad. Er baute 1871 das erste Blockwalzwerk mit mechanischer Bedienung auf den Cambriaeisenwerken und begründete damit den sparsamen amerikanischen Walzwerkbetrieb. In Troy machten 1872 ein Paar 5-Tonnen-Konverter 16 Schmelzungen in 24 Stunden, in Harrisburg sogar 18 bis 20; in Cleveland leisteten vier 5-Tonnen-Konverter 24 Schmelzungen in 24 Stunden. Die Union-Walzwerkgesellschaft in South-Chicago machte 14 Schmelzungen von 120-Tonnen-Chargen.

Das Einschmelzen des Roheisens geschah allgemein in grofsen Kupolöfen mit automatischer Beschickung. Die Stahlblöcke wurden erst überschmiedet. John Fritz hatte bereits bewegliche Walzentische und hydraulische Friktionskuppelungen bei den Walzwerken eingeführt. George Fritz [1]) hatte Rollgänge und Blockwender erfunden. Das Ausziehen der Blöcke aus dem Wärmeofen geschah mit einem hydraulischen Apparat. Während bei den Holleyschen Triowalzen die Mittelwalze beweglich war und nach jedem Stich eingestellt werden mufste, machte G. Fritz in den Cambriawerken Ober- und Unterwalze beweglich. Zur Kontrolle des Bessemerbetriebes wendete man nicht nur mechanische Proben, sondern auch die Eggertzsche Kohlenstoffprobe an.

Sellers erfand 1872 einen verbesserten Drehpuddelofen und ein Sandstrahlgebläse, das zunächst zum Putzen der zu verzinnenden Eisenbleche verwendet wurde. 1872 wurden in den Vereinigten Staaten 107 Hochöfen und 36 Walzwerke neu gebaut, davon in Pennsylvanien 48 und 15, in Ohio 13 und 7, in Wiskonsin 8 Hochöfen, in Illinois 3 Hochöfen und 4 Walzwerke. Die erste gröfsere rationelle Koksanstalt wurde von den Deutschen Gebrüder Meier, St. Louis gegenüber, auf der Illinoisseite des Mississippi gegründet. Man verkokte Belleville-Blockkohle in einer Batterie von 24 Coppéeöfen. Eine Kohlenwäsche gehörte dazu. Zu Titusville versuchte man einen Hochofen mit Petroleum statt mit Holzkohlen zu betreiben.

1873 waren von 147 Holzkohlenhochöfen 105 in Betrieb und zwar die meisten in den Südstaaten und den Küstenländern. Von 126 Anthrazitöfen standen 83 im Feuer, vier wurden mit einem Ge-

[1]) Stahl und Eisen 1897, S. 136.

Digitized by Google

menge von Koks und Anthrazit betrieben; von den 104 Kokshochöfen gingen 56.

Ein Hochofen der Milwaukee-Gesellschaft schmolz 1362 Tonnen Roheisen im Monat. Für Bessemerroheisen wurden Moktaerze aus Algier in Pennsylvanien eingeführt. Im ganzen gab es 681 Hochöfen, 343 Walzwerke und 51 Stahlwerke. Die Erzeugung der Hochöfen war nach dem Brennstoff die folgende:

mit Holzkohlen	520 749	Net Ton[1])
mit Anthrazit	1 249 678	"
mit Koks	873 634	"
Steinkohle und Holzkohle	1 778	"
Koks und Anthrazit	480 000	"
Holzkohle und Torf	1 600	"
Zusammen	2 695 434	Net Ton.

Aufserdem waren noch viele Katalan- oder Luppenschmieden zur direkten Schweifseisenerzeugung aus Erzen im Betrieb, besonders in der Gegend zwischen Trenton und New Jersey. Thomas S. Blairs Prozefs der direkten Eisenerzeugung aus Eisenschwamm, die zuerst in Blairs Werke zu Glenwood bei Pittsburgh ausgeführt wurde, fand Anklang und Verbreitung. Mit den Danks-Rotatoröfen wollte es nicht vorwärts. In Chatanooga wurden die 10 Danksöfen wieder durch gewöhnliche Puddelöfen ersetzt. 1873 wurde zuerst natürliches Gas in der Eisenindustrie angewendet und zwar zu Leechburg Pa. In diesem Jahre erfand Dekalb in Illinois den Stacheldraht, der für die Drahtfabrikation von grofser Bedeutung wurde. Durch die geschäftliche Krisis Ende 1873 mufsten viele Eisenwerke ihren Betrieb einschränken; alle Eisenbahnbauten gerieten ins Stocken. 1871 waren 7779, 1872 6427 Meilen neue Bahnen gebaut worden. Am 1. Januar 1874 waren von 57 Schienenwalzwerken nur 10 in vollem Betriebe, 7 in halbem und 33 lagen still. An 30 000 Eisenarbeiter waren ohne Beschäftigung. Die Schienenpreise stiegen 1871 bis September 1872 von 30 auf 53 Dollar die Tonne, sanken aber Ende 1873 auf 32 $^1/_2$ Dollar herab.

Die technische Vervollkommnung des Bessemerbetriebes machte immer gröfsere Fortschritte. Am 13. Februar 1874 blies man bei John A. Griswold in Troy mit einem Paar 5-Tonnen-Konvertern in 24 Stunden 50 Chargen und erhielt 268 Tonnen Stahlblöcke. Das Roheisen dazu wurde in zwei Kupolöfen mit einem Sturtevant-Ventilator geschmolzen. Cambria-Works vollendeten eine Charge von

[1]) Net Ton = 908,07 kg.

Digitized by Google

109 Centner in 52 Minuten. Als die best eingerichteten Werke galten die zu Joliet und Bethlehem. Die Leistungen der amerikanischen Bessemerwerke hatten die der europäischen überflügelt. Englischer Gufsstahl war dagegen noch unentbehrlich.

Versuche auf dem Joliet-Bessemerwerk, mit nach dem System Bérard gewaschenen Steinkohlen Bessemerroheisen zu erblasen, hatten keinen Erfolg, weil auch die gewaschene Illinoiskohle immer noch zu reich an Schwefel war. Man mufste also wieder zu grauem Holzkohlenroheisen vom Oberensee zurückkehren. Chargierapparate für Hochöfen von Weimer und Birkenbine wurden zu Lebanon, Pa., eingeführt. 1875 führte man auf demselben Werke das Puddeln mit natürlichem Gas ein, nachdem Eames schon 1873 zu Jersey City mit dem von ihm erfundenen Petroleum-Generator Schweifsöfen betrieben hatte. Strong bereitete zuerst Wassergas. John Fritz erfand sein Trio-Blockwalzwerk. Die rasch gehenden Dampfmaschinen („Schnellläufer“) kamen immer mehr in Aufnahme.

1876 fand die erste Weltausstellung in den Vereinigten Staaten zu Philadelphia statt, welche die Fortschritte auf dem Gebiete der Eisenindustrie zur Darstellung brachte und wesentlich dazu beitrug, die Aufmerksamkeit der Industriellen Europas zu erwecken. Dies wurde gefördert durch die anerkennenden Berichte von P. von Tunner, Wedding, Åkerman und anderen. Am meisten erregten die Leistungen der Bessemerwerke Bewunderung, doch bot auch die Hochofenindustrie viel Bemerkenswertes dar. Ward erzeugte zu Carterville in Georgia in einem kleinen Holzkohlenofen täglich 3 Tonnen Ferromangan. Es gab Holzkohlenöfen von 62 bis 69 Fufs Höhe und 14 bis 16 Fufs Kohlensackweite, welche die grofsen Öfen im Ural und in Österreich übertrafen. Dabei war ihre Erzeugung infolge der reichen Erze und der kräftigen Gebläse viel höher als in Europa. Die Erze waren vielfach so reich an Eisen und so arm an Thonerde, dafs man wegen der notwendigen Schlackenbildung den Dolomit dem Kalkstein vorzog. — Das Bessemerroheisen wurde bereits grofsenteils im Lande erblasen und zwar aus Erzen vom Oberen und vom Champlain-See. Es fiel meistens sehr grau. Das auf den Edgar-Thomsonwerken erblasene hatte 3,8 Prozent Graphit, 0,6 gebundenen Kohlenstoff, 2 Silicium, 0,2 bis 0,3 Mangan, 0,07 bis 1,11 Phosphor und 0,002 bis 0,020 Schwefel. Für den Bessemerprozefs wurde das Roheisen in Kupolöfen, unter denen sich die McKenzie-Öfen gut bewährten, umgeschmolzen. Das Roheisen wurde in eine Pfanne, die auf einer Wage stand, abgestochen und dann in die Birne entleert. Die Birnen standen nicht

Digitized by Google

mehr zu zwei sich zugekehrt an einer vertieften Giefsgrube, sondern parallel nebeneinander in einer Reihe. In 30 Minuten war eine Charge fertig, wobei am Schlufs 10 Prozent Spiegeleisen von 10 bis 12 Prozent Mangangehalt zugesetzt wurden. Der Abbrand betrug 7 bis 9 Prozent. Der in dieser Weise auf den Edgar-Thomsonwerken erblasene Stahl enthielt 0,3 bis 0,5 Prozent Kohlenstoff, 0,015 bis 0,090 Silicium, 0,2 bis 0,5 Mangan, 0,084 bis 0,128 Phosphor und nur Spuren von Schwefel. 210 Tonnen Roheisen gaben in 24 Stunden 180 Tonnen fertige Schienen in 30 Operationen. Das war mehr als die doppelte Leistung der besten europäischen Werke. 22 Birnen in den Staaten leisteten mehr als 76 in Deutschland. 1875 lieferte eine 5-Tonnen-Birne in Amerika 448853 Centner, in Deutschland 104707 Centner. Die Glühöfen waren Gasöfen mit vier Arbeitsthüren. P. Tunner erklärte die Überlegenheit des amerikanischen Betriebes 1. aus dem raschen Einschmelzen des Roheisens in sehr leistungsfähige Kupolöfen, 2. aus dem raschen Auswechseln der Konverterböden, 3. aus dem kommunizierenden Gufs grofser Blöcke von 15 bis 30 Centner Gewicht, 4. aus der vorzüglichen Anlage der Hütten und Walzwerke. Man walzte aus einem Blocke unmittelbar zwei bis vier 30 Fufs lange Eisenbahnschienen und erzielte ein Ausbringen von 70 bis 71 Prozent. Die Schienen hatten nur $^1/_2$ bis 1 Prozent Ausschufs. Zu dem intensiven Betrieb gehörten starke Gebläse und Walzenzugmaschinen. Die stehenden Gebläsecylinder waren weit und niedrig, z. B. 2,20 m Durchmesser auf 1,26 m Hub, und machten 36 bis 40 Touren in der Minute. Auch die vorzüglichen Transportmittel erhöhten die Leistungsfähigkeit der Stahlwerke. Die heifsen Blöcke wurden durch eine Lokomotive nach den Glühöfen gefahren. Überall waren hydraulische Kräne in Anwendung. Die Schienen gelangten automatisch durch Rollengänge von den Walzen zu den Scheren. Die Blockwalzwerke waren mit automatischen Walzentischen nach Fritz Holleys System versehen. Nur zu Cambria arbeitete man mit einem Reversierwalzwerk. Die gröfste Erzeugung von Stahlschienen hatte 1876 die Lackawanna Eisen- und Kohlengesellschaft, die 125,15 Tonnen in 12 Stunden walzte.

Blairs Prozefs hatte sich nicht bewährt und war zu Glenwood 1876 nicht mehr im Gange. Zu Clinton und Millvale Rolling Mill bei Pittsburgh lieferten 10 Danksöfen mit $\frac{144}{100}$ Steinkohlen vorzügliches Luppeneisen. Der Siemens-Martinprozefs war 1876 auf 16 Hütten im Gange. Auf dem Ohio-Eisenwerke wurde die Hälfte der Charge kalt

eingeschmolzen, dann die vorgewärmte andere Hälfte nachgetragen. Die Gufsstahlhütte (Crescent Steel Works) von Miller, Metcalf & Parkin zu Pittsburgh war durch Anlage neuer Siemens-Tiegelschmelzöfen sehr vergröfsert worden. Hier war auch Swindells Gas-Cementierofen eingeführt worden. Zu Worcester standen in der Stahldrahtfabrik der Washburn & Moen Manufacturing Company zwei Walzwerke in Betrieb, von denen sich das eine von Johnson erbaute durch grofse Leistungsfähigkeit auszeichnete. Das Kaltwalzwerk der American Works von Jones und Laughlins zu Pittsburgh erzeugte 1876 bereits 120000 Centner blanke Wellen. — Carnegie, Phipps & Co. bauten den Lucy-Hochofen.

Die Weltausstellung zu Philadelphia gab vielfach zur persönlichen Annäherung europäischer und amerikanischer Eisenhüttenleute und technischer Verbände Veranlassung, deren nützliche Folgen in den folgenden Jahren sich bemerkbar machten. Auch war gelegentlich der Ausstellung eine internationale Konferenz zur Festsetzung einheitlicher Benennung der Eisen- und Stahlsorten abgehalten worden (siehe S. 320).

1877 begann die Roheisenerzeugung sich wieder etwas zu heben. Ein phosphorarmes Siliciumeisen mit 8 bis 10 Prozent Silicium stellte der Gore-Hochofen in Hocking County, Ohio, her. Die Danksöfen der Millvale-Hütte bei Pittsburgh wurden von deren Direktor John A. Williams durch Wasserkühlungen verbessert. Chromstahl stellte die Chromstahl-Aktiengesellschaft zu Brooklyn dar. Die gröfste Produktion an Bessemerstahl und Stahlschienen erzielte die Pennsylvanian Steel Company, die in einem Tage in zwei 5-Tonnen-Konvertern 359 Tonnen Stahl erzeugte und 354 Tonnen Schienen walzte. Im Monat November betrug die Produktion 7196 Tonnen Stahl und 6915 Tonnen Schienen. 1877 erfand McCallip in Columbus seine mechanische Umführung für Drahtwalzwerke. Das Technikum zu Hoboken eröffnete in diesem Jahre eine Versuchsanstalt.

1878 wurde immer noch ein Drittel der Hochöfen mit Holzkohlen betrieben, die etwa ein Sechstel der Roheisenproduktion lieferten. Birkinbine erzielte grofse Ersparnis durch Einführung der Ofenverkohlung an Stelle der Meilerverkohlung. Es gab ferner noch 122 Frischfeuer, die 130000 Tonnen Frischeisen lieferten. Siemens-Regenerativöfen zählte man 168, nämlich 101 so eingerichtete Puddel- und Schweifsöfen, 27 Martin- und 40 Gufsstahlöfen. Seit 1877 hatte das Verfahren der direkten Eisendarstellungen von du Puy in Amerika Eingang gefunden. Auf der Readinghütte (Pa.) wurde durch

Digitized by Google

Ersatz der Holzkohlen durch Anthrazitpulver, auf dem Crescent-Stahlwerke bei Pittsburgh durch Verwendung von Schwefelkiesrückständen (blue billy) Fortschritte gemacht. Dieses Verfahren wurde auf dem Sligo-Eisenwerke bei Pittsburgh verbessert. Das Produkt war nur als Rohmaterial für den Martinprozefs verwendbar. Der Martinprozefs machte keine besonderen Fortschritte, weil man die Schienenenden beim Bessemern in die Birne warf, sowohl um sie zu verwerten, als um zu heifsem Gange entgegenzuarbeiten.

1879 war in Hocking Valley, Ohio, eine Eisenindustrie erblüht auf Grund günstiger natürlicher Verhältnisse, indem sich Kohlen, Erze und Kalkstein in nächster Nähe fanden. 13 Hochöfen, von denen die meisten 1877 erbaut waren, lieferten damals das billigste Roheisen der Vereinigten Staaten.

Die Edgar Thomson-Werke bei Pittsburgh zeichneten sich unter der Leitung von Kapitän Wm. R. Jones durch hervorragende Leistungen aus. Ein neuer Hochofen (B) wurde mit geschlossener Brust und acht Windformen zugestellt. Er erhielt eine Höhe von 24,511 m und eine Weite von 6,096 m im Kohlensack, 4,767 m in der Gicht und 2,743 m im Gestell. Dieser Ofen erzeugte am 17. Mai 1880 184 Tonnen Roheisen und erzielte eine Wochenproduktion von 1137 Tonnen. Das Bessemerstahlwerk lieferte 2853 Tonnen rohe Blöcke, 2712 Tonnen vorgewalzte Blöcke und 2116 Tonnen Schienen in einer Woche. Diese Leistungen erregten grofses Aufsehen, und seitdem fing, namentlich bei dem Hochofenbetrieb, ein scharfer Wettbewerb gröfserer Produktionen an. Diese wurden durch starkes Blasen mit kräftigen Gebläsen erreicht. Auf Brennstoffökonomie wurde dabei keine Rücksicht genommen, auch nicht darauf, dafs durch das starke Blasen die Oefen in kurzer Zeit im Innern ausbrannten und zerstört wurden. Diese Methode des rücksichtslosen Darauflosblasens (American rapid driving) hielt in der folgenden Zeit eine Reihe von Jahren an.

Der im Jahre 1879 in Europa eingeführte Thomasprozefs kam in Amerika zunächst nicht zur Anwendung, weil der Reichtum an reinen Erzen, aus denen sich ein gutes Bessemerroheisen erblasen liefs, dies überflüssig erscheinen liefs. Doch beschäftigte sich Alexander Holley seit 1880 bis kurz vor seinem Tode mit Projekten und Prinzipien zur Anlage von Thomaswerken. Dagegen kam die Fabrikation von Herdflufsstahl immer mehr in Aufnahme. Die Erzeugung desselben stieg von 1879 bis 1880 von 56290 Tonnen auf 112953 Tonnen. Die Erzeugung des Roheisens erhöhte sich in derselben Zeit von

Digitized by Google

2785 284 Tonnen auf 3 895 940 Tonnen. Massenerzeugung war der Gesichtspunkt, der den Betrieb der Hochofen- und der Stahlhütten leitete. Die Verwendung des Flufsstahls wurde eine immer ausgedehntere.

1880 wurde die grofse Brücke über den Mississippi bei St. Louis aus Flufsstahl gebaut. In demselben Jahre kam der Bau hoher eiserner Häuser in Aufnahme. In dem Cleveland-Walzwerk erzielte man im Flammofen durch Zusatz von Eisensilicid vor dem Abstechen dichte Güsse. — R. J. Anderson versuchte die direkte Eisengewinnung von C. W. Siemens (das Präzipitationsverfahren) zu Tyrone und gründete die Siemens-Anderson-Stahlgesellschaft, die ein Werk bei Pittsburgh erbaute, das aber nicht reussierte.

Auf den von Carnegie Brothers erworbenen Edgar Thomson-Eisenwerken bei Pittsburgh schmolz der neuerbaute Hochofen 160 grofse Tonnen den Tag. Der Satz für eine Tonne Roheisen bestand aus:

	0,500	Tonnen	Pilot Knob Erz	von 58	Prozent	Eisen
	0,200	„	Lake Superior Erz	„ 50	„	„
	0,146	„	„ „ „	„ 68	„	„
	0,765	„	Tafna Erz (Afrika)	„ 58	„	„
	0,098	„	Walzensinter	„ 60	„	„
zusammen	1,709	Tonnen	Erz	von 58,2	Prozent	Eisen
	0,720	„	Kalkstein			
	1,076	„	Koks			

Eine Gicht hatte 4,18 Tonnen Erz; man schmolz 65 Gichten den Tag. Der Wind wurde in drei Cowperapparaten auf 565° C. erhitzt. Man blies mit 8 Formen von $5\frac{1}{2}$ Zoll Weite, mit einem Winddruck von 191 Linien Quecksilber, wodurch 1015 Kubikfufs Wind in der Sekunde in den Ofen strömten. Ganz aufserordentlich waren die Erfolge des Bessemerstahlwerkes der Edgar Thomson-Werke, unter Kapitän Jones' vortrefflicher Leitung. Er erzielte im November 1889 eine Produktion von 15 235 Tonnen mit zwei 8-Tonnen-Konvertern. Diese Leistung wurde noch übertroffen von den Bethlehemwerken, die unter der Leitung von John Fritz in demselben Monat 15 729 Tonnen in zwei 8-Tonnen-Konvertern erbliesen. Das neue Stahlwerk zu South-Chicago arbeitete mit drei 10-Tonnen-Konvertern. Die heifsen Blöcke wurden in vier Siemensgasöfen ausgeheizt und in einem Triowalzwerke vorgewalzt. Sodann wurden sie statt in einem Trio- in einem Duowalzwerk mit Reversierung in Schienen von 3 × 30 Fufs Länge ausgewalzt. In dem Otiswalzwerk (Ohio) wurden die gegossenen Stahlblöcke ungehämmert direkt zu Blech ausgewalzt. A. W. Hains-

Digitized by Google

worth erfand eine Durchweichungsgrube mit Regenerativfeuerung. Siemens-Andersons Stahlwerk walzte die Herdflufsstahlblöcke unter einem Universalwalzwerk, das mit besonderen Hülfsmaschinen zur Umkehrung versehen war, aus. Ferromangan stellten die Diamondhochöfen in Georgia, das an guten Manganerzen reich ist, dar. Die Poughkeepsie-Eisen- und Stahlwerke (New York) machten Eisen direkt aus den Erzen mit Petroleum. Du Puys Verfahren wurde 1881 auf den Phönix-Werken betrieben. Auch das Verfahren von H. Clay Bull kam in Aufnahme.

Das American Institute of Mining Engineers hielt regelmäfsige Jahresversammlungen ab. Das Jahr 1882 rifs eine Lücke in die Reihe der Eisenhüttenleute durch den am 28. Januar erfolgten Tod des nicht nur für die Stahlindustrie der Vereinigten Staaten, sondern der ganzen Welt hochverdienten Alexander Lyman Holley. — G. Duryce führte 1882 seinen Petroleum-Puddelofen ein und Caddick zu Pembrock (Mass.) seinen Puddelofen mit verbesserter Luftzuführung und Wasserkühlung. In diesem Jahre baute William Garrett zu Cleveland sein berühmtes Draht-Schnellwalzwerk. Reese in Pittsburgh nahm ein Patent auf den Duplexprozefs, eine Kombination von Konverter- und Herdprozefs (die indes schon früher in Neuberg ausgeführt worden war). Er gofs das flüssige Roheisen direkt aus dem Hochofen in den Konverter, entsilicierte und entkohlte es hier und entleerte das Produkt — dead soft steel — in den Martinofen, wo es vom Sauerstoff befreit, rückgekohlt und fertig gemacht wurde.

Ein grofser Streik der amerikanischen Eisenarbeiter, der mehrere Monate anhielt, mifslang.

Das neue Bessemerwerk der South-Chicago-Stahlwerke, das mit allen Verbesserungen ausgerüstet war, kam 1882 in Betrieb. Es bezeichnet einen weiteren Fortschritt in der Flufsstahlindustrie. Vier Hochöfen von je 22,6 m Höhe und 6,7 m Weite des Kohlensacks erzeugten 6000 Tonnen Roheisen in der Woche. Dieses wurde direkt in 10 bis 12 Tonnen fassende Pfannen abgestochen und aus diesen zu die 10-Tonnen-Konverter, von denen drei vorhanden, aber zwei nur in beständigem Betriebe waren, abgestochen. Das fertige Metall wurde in einer Lokomotivpfanne in das Giefshaus gefahren und hier zu Blöcken von 1 Tonne vergossen, die in vier Wärmeöfen, welche mit Regenerativ-Gasfeuerungen versehen waren, eingesetzt und dann in einem Blocktrio mit hydraulisch bewegten automatischen Tischen in 11 Durchgängen ausgewalzt wurden. Das Walzgut gelangte dann mittels Rollbahn zu dem Schienenwalzwerk, das von einer Doppelt-

Digitized by Google

Compound-Reversiermaschine von 6000 P. S. getrieben wurde. In sieben Durchgängen wurden die Blöcke in Schienen von 90 Fufs Länge ausgewalzt. Diese wurden dann sofort heifs unter der Schere in drei Schienen der üblichen Länge von 30 Fufs zerschnitten, die warm gerichtet wurden. Man sparte also hierbei das Umschmelzen des Roheisens und das Teilen und Wiedererhitzen der Blöcke, ferner gab es weniger Abfallenden. Die Zeit vom Beginn des Vorwalzens bis zur fertigen Schiene betrug nur 12 Minuten.

Auf dem Cambria-Eisenwerk hatte man rotierende Pernotöfen eingeführt, die sich nach einem Bericht von Troilus gut bewährten.

Zu den hervorragenden Leistungen der amerikanischen Eisenhütten trug die Geschicklichkeit und der Fleifs der Arbeiter wesentlich bei. Trotz der sehr viel höheren Löhne waren die Arbeitskosten, auf das Gewicht des Produktes berechnet, wesentlich niedriger als in irgend einem anderen Lande. Nach Trasenster kamen 1880 auf einen Arbeiter 82 Tonnen Bessemerstahlerzeugung, in Belgien höchstens 42 Tonnen. Man ersetzte ziemlich allgemein die 5-Tonnen-Konverter durch gröfsere, meist 10-Tonnen-Konverter.

1883 befanden sich folgende Bessemerwerke in Betrieb:

Werke	Zahl u. Inhalt der Konverter in Tonnen
Albany and Rensselaer Iron and Steel Co., Troy, New York	2 × 8
Bethlehem Iron Co., Bethlehem, Pennsylvanien	4 × 7
Pennsylvania Steel Co., Steelton, Pa.	2 × 7 u. 3 × 8
Lackawana Iron and Coal Co., Scranton, Pa.	2 × 7
Cambria Iron Co., Johnstown, Pa.	2 × 7
Carnegie Brothers & Co., Bessemer, Pa.	3 × 10
Scranton Steel Co., Scranton, Pa.	2 × 4
Pittsburgh Bessemer Steel Co. Lim., Homestead, Pa.	2 × 4
Pittsburgh Steel Casting Co., Lim., Pittsburgh, Pa.	1 × 6
Cleveland Rolling Mill Co., Cleveland, Ohio	2 × 7
Chicago (North- and South-), Illinois	2 × 7 u. 3 × 10
Union Iron and Steel Co., Chicago, Illinois	2 × 6
Joliet Steel Co., Joliet, Illinois	2 × 5
St. Louis Ore and Steel Co., St. Louis, Missouri	2 × 7
Colorado Coal and Iron Co., South Pueblo, Colorado	2 × 5
Zusammen Konverter	38

Digitized by Google

Im Bau befanden sich 1883 folgende Werke:

Werke	Zahl u. Inhalt der Konverter in Tonnen
Westburn Iron Co., Worcester, Massachusetts	2 × 4
Riverside Iron Works, Wheeling, West Virginia	2 × 5
Bennwood Iron Works, Bennwood, West Virginia	2 × 4
Bellaire Nail Works, Bellaire	2 × 4
Zusammen Konverter	8

Den basischen oder Thomasprozefs hatte bis dahin nur die Pennsylvania Steel Co. versuchsweise ausgeführt. Abgesehen davon, dafs das Bedürfnis für den Thomasprozefs kein so dringendes war, wurde seine Einführung dadurch aufgehalten, dafs J. Reese in Pittsburgh ein Patent erworben hatte, das dem Patent Thomas im Wege stand. Reese, der sehr viele Patente nahm, erhielt auch ein solches für fahrbare Konverter und fahrbare Durchweichungsgruben.

Die Pittsburgh Bessemer Steel Co. verkaufte 1883 ihr berühmtes Stahlwerk an die benachbarte Konkurrenzfirma Carnegie Brothers & Co.

Man war immer noch bestrebt, die alten Betriebe zu erhalten und zu verbessern. 1883 gab es in den Unionstaaten noch 68 Luppen- oder Catalanschmieden, in denen Schmiedeeisen unmittelbar aus Erzen erzeugt wurde; hiervon entfielen auf Vermont 2, New York 27, New Jersey 2, Pennsylvania 1, Virginia 2, Nord-Carolina 12, Tennessee 21 und Missouri 1. In Tennessee waren sie meist Nebenbetriebe der Landwirtschaft. Das gröfste Werk war die Sable Iron Works in Essex County (New York) mit 22 Herden und 8000 Tonnen Jahreserzeugung. Die ganze Produktion hatte 1882 48254 Tonnen betragen. Die Luppen (Blooms) dienten meist als Material für besten Werkzeug-Tiegelstahl und für Martinstahl, ein Teil wurde zu Manufakturwaren verarbeitet. Ebenso wurde das Eisen der Frischherde des Champlaindistriktes zu Blechen, Draht, Flufs- und Tiegelstahl verwendet.

Die Produktion der Holzkohlenhochöfen suchte man durch Erhöhung der Öfen, heifseren Wind und stärkere Pressung zu steigern, wodurch man zugleich Ersparnis an Kohlen und Arbeitslohn erzielte. Man baute die neuen Holzkohlenhochöfen 52 bis 56 Fufs hoch. Für die neuen Hochöfen D und E der Edgar-Thomson-Werke wurden

Digitized by Google

die von Jul. Kennedy verbesserten Cowperapparate erbaut[1]). Für die Herstellung von Spiegeleisen aus Franklinit errichtete die New-Jersey-Zinkgesellschaft zwei neue Hochöfen mit Cowperapparaten.

1883 wurde von den pennsylvanischen Stahlwerken das Thomasverfahren zu Harrisberg endgültig eingeführt, während die Edgar-Thomsonwerke und die Steeltonwerke nur Versuche damit anstellten. Bei dem Konverterprozefs versuchte man die Rückkohlung durch Einblasen von Naturgas.

Die amerikanischen Eisenindustriellen legten Wert auf eine gute Statistik. Diese wurde besonders bearbeitet und in jährlichen Veröffentlichungen mitgeteilt von Richard P. Rothwell in dessen Jahrbuch der Mineralstatistik von Amerika und von J. Swank. Dieser hatte 1876 ein Werk „The American Iron Trade" veröffentlicht und gab seitdem regelmäfsig seine vortrefflichen Statistics of the American and Foreign Iron Trades heraus. 1884/85 veröffentlichte J. Trasenster zu Lüttich eine gute Übersicht über die Roheisendarstellung in den Vereinigten Staaten. Danach betrug 1884 die Roheisenerzeugung 4160 Kilotonnen, davon waren 415 Kilotonnen Holzkohlenroheisen, das besonders in Michigan, dann auch in Ohio, Missouri und an der Westküste erblasen wurde. Die Hochöfen mit mineralischem Brennstoff teilt Trasenster nach der Lage zu dem Alleghanygebirge in drei Gruppen: in die Ostgruppe, welche vornehmlich mit pennsylvanischem Anthrazit Erze aus dem Osten, besonders vom Champlainsee, verschmilzt; die wichtigsten Werke liegen in den Thälern von Lehigh, Shuylkill und Susquehanna (Pa.), am Champlainsee, am Hudson (N. Y.) und in New Jersey. Die Westgruppe verhüttet Lake Superior- und Missourierze mit Connelsville-Koks; Pittsburgh und Chicago sind die Centren. Die Südgruppe umfafst die Werke, welche mit Koks des Apalachebassins (Arkansas, Tennessee) schmelzen. Die neuesten und gröfsten Öfen waren die zwei Lucy-Hochöfen von 26,50 m Höhe, 8,10 m Kohlensackweite und 500 cbm Inhalt, und vier Hochöfen der Edgar Thomsonwerke von 24,40 m Höhe, 6,20 m Kohlensackweite und 445 cbm Inhalt. Alle neuen Öfen arbeiteten mit Lürmanns Schlackenform und geschlossener Brust. Die Lucyöfen hatten sieben bis acht Windformen und automatische Beschickung. Die Cambriaöfen waren mit Vorrichtungen zum Einblasen pulverförmiger Stoffe in das Gestell versehen. Alle neuen Öfen hatten steinerne Winderhitzer. Ende 1883 besafsen 70 Öfen 215 Whitwellapparate und 13 Öfen 33 Cowper-

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1883, Heft 3.

Digitized by Google

apparate. Die Gebläse waren, wie die Serainggebläse (System Cockerill), stehend angeordnet nach Konstruktionen von Macintosh, Hamphill, besonders aber von Weimer. Starke Weimer-Gebläsemaschinen waren namentlich bei den Anthrazithochöfen, die hohen Winddruck verlangten — bei Versetzungen bis 1 m Quecksilbersäule —, eingeführt. Die Gichtgase wurden meistens trocken gereinigt. Viele der neuen Öfen, besonders der Westgruppe, waren von Witherow und Gordon in Pittsburgh erbaut. Bei der Darstellung von Bessemerroheisen aus 60prozentigen Erzen fielen nur 600 bis 800 kg Schlacken auf 1000 kg Roheisen. Von den vorzüglichen Connelsville-Koks verbrauchten die Chicago-Hochöfen nur 1 auf 1 Roheisen. Puddelroheisen wurde in Pittsburgh aus reichen, aber für Bessemerroheisen zu phosphorhaltigen Lake-Superior-Erzen unter Zuschlag von Puddel- und Schweifsschlacken erzeugt. Der Edgar-Thomson-Ofen A und der Commanghofen bliesen Spiegeleisen aus Cartagenaerzen und reichen Manganerzen.

1884 erfand Captain Jones auf den Consett Works der Carnegie Brothers & Co. den Mischer. Robert W. Hunt führte verbesserte Walzentische ein.

Im Gegensatz zu und gerade wegen der Vergröfserung der Bessemerbirnen, infolgedessen die ganzen Schmelzanlagen und Walzwerke immer gröfser und kostspieliger gestaltet werden mufsten, fand die Kleinbessemerei nach dem Verfahren von Clapp-Griffith Anklang und Verbreitung in den Vereinigten Staaten. J. P. Witherow hatte 1884 das Patent für Amerika erworben, weshalb diese Öfen dort häufig als Witherowöfen bezeichnet wurden. 1885 hatten Oliver Brothers and Philipps eine grofse Anlage hierfür erbaut. Sie überwanden die anfänglichen Schwierigkeiten und lieferten ein gutes Produkt. In diesem Jahre versah Robert W. Hunt in Troy die Walzentische vor den Fertigwalzen mit angetriebenen Rollen [1]).

1886 gingen sieben Firmen mit der Aufstellung von Clapp-Griffith-Konvertern vor. 1885 erfand Seeman ein Universalträgerwalzwerk.

Um diese Zeit nahm die Verwendung von Naturgas in Pittsburgh auch in der Eisenindustrie ihren Anfang. 1883 hatte man den schon 1878 erbohrten Gasstrom von Murraysville durch Röhren in die Stadt geleitet. Ferner wurde 1884 ein starker Gasstrom im Stadtgebiet von Pittsburgh selbst erbohrt. 1886 wurden in Pittsburgh schon täglich $6^2/_3$ Mill. Kubikfufs Naturgas verwendet, wodurch sich der Kohlen-

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1897, S. 137.

Digitized by Google

konsum um ein Drittel verringert hatte. Die Edgar-Thomson-Werke wendeten das Gas zur Heizung von Dampfkesseln, Winderhitzern u. s. w. an, und ersparten allein 147 Arbeiter für Kohlentransport.

Die Hochofenindustrie machte immer weitere Fortschritte. Aufser dem leichteren Schachtbau durch die Anwendung von Blechmänteln oder Eisenringumkleidung, der mechanischen Begichtung, des Abstechens in grofse Lokomotivpfannen, die mehrere Abstiche fassen konnten, erwähnen wir die Panzerung und Wasserkühlung, die besonders auf den Edgar-Thomson-Werken ausgebildet wurden. Bronzekühlkasten führte Frohnheiser 1885 auf der Cambriahütte ein. Die starke Wasserkühlung war nötig geworden, um bei dem starken Treiben der Öfen diese zu erhalten.

Die gröfste Produktion mit einem Hochofen zu erreichen, war damals der einzige Ehrgeiz der Hüttenleute mit Hintansetzung jeder anderen Rücksicht. Das Drauflosblasen war zum Sport geworden und den höchsten Record in der Tageserzeugung zu erreichen schien die einzige Aufgabe der Hochofentechniker. Gegen diese Einseitigkeit und Übertreibung erhob zuerst E. C. Potter in Chicago im Jahre 1885 seine warnende Stimme, indem er darauf hinwies, wie teuer erkauft dieser scheinbare Triumph durch die Verschwendung von Brennstoff und die rasche Zerstörung der Hochöfen infolge des starken Blasens sei. In Hochöfen von 400 bis 420 cbm Inhalt jagte man 750 cbm Luft von 700 bis 800° C. in der Minute. Dabei hatte man beim Verschmelzen 60prozentiger Erze einen Koksverbrauch von 1075 bis 1350 kg auf 1000 kg Roheisen und die Öfen wurden so rasch zu Schanden geblasen, dafs man nur auf einen Betrieb von zwei Jahren rechnete, der aber sehr oft nicht erreicht wurde. Gordon in South Chicago wies 1886 darauf hin, dafs er in einem Ofen von 555 cbm Inhalt mit einem Koksaufwand von $\frac{875}{1000}$ Koks eine Tagesproduktion von 210 Tonnen erzielte, wenn das Verhältnis von $\frac{CO^2}{CO} = 0{,}723$ betrug, was günstiger sei als das Ergebnis der grofsen englischen und amerikanischen Öfen. Diese ernsten Vorstellungen machten Eindruck und es begann nun eine Periode eines möglichst sparsamen Massenbetriebes. Gordons Konstruktion wurde sofort von der Joliethütte, dem Cleveland-Walzwerk und von der Jefferson-Eisenwerksgesellschaft eingeführt. Joliet hatte bei 260 Tonnen Tageserzeugung nur $\frac{900}{1000}$ Koksverbrauch. Von weiteren Verbesserungen bei dem Hochofenbetrieb im Jahre 1886 ist

Digitized by Google

der von Kennedy und Scott erfundene doppelte Gichtgasverschlufs zu nennen.

Die Flufseisenerzeugung war 1886 eine sehr grofse, sie betrug 2488 Kilotonnen, wovon nur 8,8 Prozent Martinstahl war, während die Produktion Grofsbritanniens 2264 Kilotonnen mit 30 Prozent Martinstahl betrug.

Übrigens nahm die Martinstahlerzeugung damals rasch zu. Der Erzprozefs (ore process) wurde zu Midvale betrieben, während sich alle übrigen Werke des eigentlichen Martinierens oder Schrottschmelzens (scrap process) bedienten. Das Verhältnis zwischen Roheisen und Schrott war ein sehr verschiedenes. Zu Cambria schmolz man 32 Tle. Roheisen und 68 Tle. Schrott, zu Midvale 50 Roheisen, 37 Schrott und 13 Erz, zu Springfield 30 Roheisen und 70 Schrott, zu Otis 20 Roheisen und 80 Blooms und Schrott, selbst bis zu 90 Prozent Schrott. Im allgemeinen rechnete man drei Stunden für das Einschmelzen und drei Stunden für die Reinigung des Bades. Zu Cambria brauchte man im Pernotofen nur vier Stunden im ganzen bei 17 000 kg Einsatz. Der Brennstoffaufwand betrug gewöhnlich 50 bis 80 Prozent Steinkohle, in den Otis Steel Works nur 35 bis 40 Prozent. Der basische Betrieb war nicht in Anwendung, dagegen bediente man sich in vier Werken, darunter Springfield und Cambria, der Kruppschen Entphosphorung, des sogenannten Waschprozesses.

Die Kleinbessemerei gewann an Bedeutung. Zu Pottstown war der basische Betrieb in Walrandöfen eingeführt, und 1886 erzeugte man 100 bis 150 Tonnen den Tag.

Otis Steel Works hatten die berühmteste Blechfabrik. Sie arbeiteten mit vier Siemens-Martinöfen zu 20 Tonnen Einsatz, von denen jeder 14 Operationen in der Woche machte. Zum Auswalzen benutzte man ein neues Welmansches Blechwalzen-Trio, bei dem Unter- und Oberwalze angetrieben waren. Die Zapfen wurden hydraulisch gehoben und gesenkt.

Das Carnegie, Phipps & Co. gehörige Homestead-Stahlwerk wurde durch die Anlage eines grofsen Blechwalzwerkes mit vier Martinöfen von 15 bis 40 Tonnen Einsatz erweitert. Alle Werkzeuge wurden hydraulisch betrieben. Die Walzenzugmaschine hatte 1220 mm Kolbendurchmesser und 1350 mm Hub.

Ein neues Triowalzwerk für Formeisen, von John Fritz in Bethlehem erbaut, walzte Träger und Eisenbahnschienen von 120 Fufs Länge. Die Schienen wurden von einer von Robert Sayer und

Digitized by Google

John Fritz erfundenen Säge schief abgeschnitten, worin man einen besonderen Vorteil suchte.

Im Jahre 1887 nahm die Kleinbessemerei noch zu. Bookwalter in Springfield erwarb Roberts Patent. Clapp Griffiths Verfahren blühte zu Belleville, doch machte man die Öfen bereits gröfser, so dafs ein Vorteil gegenüber dem Grofsbetrieb kaum mehr bestand.

1887 erfand Elihu Thomson sein elektrisches Schweifsverfahren, zu dessen Ausbeutung die Thomson & Howson Electric Welding Company zu Lynn in Massachusetts gegründet wurde. Zur Beschickung der Hochöfen konstruierte Fayette Brown einen automatischen Aufgebeapparat, den Max M. Suppes später, zugleich mit der von Thomas in Catamauqua (Pa.) 1887 erfundenen schiefen Ebene in Lorain (Ohio) einführte. In diesem Jahre erfand M. B. Moore seine Stampfmaschine für Giefsereizwecke. Die Zahl der Stahlflammöfen war von 1886 bis 1887 von 89 auf 104, die Zahl der Gufsstahlschmelzwerke von 40 mit 3391 Tiegeln auf 41 mit 3398 Tiegeln gestiegen. Die Zahl der Rennwerke war von 50 auf 38 gefallen.

1888 war die Produktion der gut eingerichteten Kokshochöfen auf eine Wochenproduktion von 1500 bis 1880 Tonnen gestiegen, während die neuen Hochöfen in Europa selten mehr als die Hälfte erzeugten[1]), dafür blies man aber auch in Amerika mit 46 bis 58 cm Quecksilber, in Europa mit 17 bis 23 cm. In Alabama wurde eine neue grofse Hochofenanlage für Koksbetrieb zu Easley bei Philadelphia nach den Plänen von Gordon, Strobel und Lourreau ausgeführt. Sie bestand aus vier Öfen von 24,5 m Höhe und 6,09 Kohlensackweite, jeder Ofen war mit vier Gordon-Whitwell-Cowper-Winderhitzern ausgestattet und mit eigenartigen Gichtstaubreinigern versehen.

Durch die reichliche Wasserkühlung konnte man das Mauerwerk der Hochöfen verhältnismäfsig schwach halten. Die Gestelle, die mit wassergekühlten Panzern umkleidet wurden, machte man nur 450 mm dick, ebenso die Rast, die man mit wassergekühlten Röhren umgab, die das Mauerwerk auf 300 bis 350 mm erhielten. Als Beispiel für den sparsameren Betrieb führt Hartmann einen Hochofen der Union Steel Company in Chicago an, der nur einen Koksverbrauch von 780 auf 1000 Roheisen hatte, für welche allerdings nur 1600 Erz erforderlich waren. Das Ausbringen aus den Erzen betrug 62,3 Proz., aus dem Möller 52,7 Proz., die durchschnittliche Tageserzeugung 113 Tonnen. Auf 1 Tonne Roheisen rechnete man 1,67 cbm Ofeninhalt und 3500 cbm Wind.

[1]) Rheinische Stahlwerke 1120 Tonnen, Ilseder Hütte 1190 Tonnen.

Digitized by Google

Einen grofsen Aufschwung hatte die Drahtindustrie erfahren; in den letzten Jahren vor 1888 waren viele neue Drahtwalzwerke erbaut worden, so z. B. von der Cleveland Rolling Company (Ohio) drei mit 40000 Tonnen Leistungsfähigkeit, von Washburn & Moen Manufacturing Co. in Worcester (Mass.) vier mit 50000 Tonnen, im ganzen 16 mit 246000 Tonnen Leistungsfähigkeit. Trotzdem wurden noch 147000 Tonnen Draht eingeführt. Der Stahlblock wurde zu vierzölligen Knüppeln gewalzt, auf Längen zu 135 Pfund Gewicht zerschnitten, die dann direkt zu Walzdraht Nr. 5 ausgewalzt wurden. Die durchschnittliche Leistung eines Walzwerkes betrug 50 Tonnen in der Schicht.

Mac Carty erfand einen Puddelofen mit Wassergasbetrieb. Die direkte Eisengewinnung von Eames wurde in Pittsburgh, die von Adami auf den Indianopoliswerken bei Pittsburgh ausgeführt.

Am 21. Februar 1888 verstarb der durch seine Verbesserungen der Dampfmaschine weltbekannte G. H. Corliss zu Providence, und am 30. September 1889 verschied der um die Eisenindustrie hochverdiente Leiter der Edgar-Thomson-Stahlwerke, W. R. Jones[1]), bei einer Hochofenexplosion als Opfer seines Berufes. Seine Erfindungen und Verbesserungen bei dem Bessemerstahlprozefs waren zahlreich; am bekanntesten wurde er durch die nicht lange vor seinem Tode gemachte Erfindung des „Mischers“, den er noch 1889 auf den Edgar-Thomson-Werken eingeführt hatte.

Verschiedene andere wichtige Verbesserungen und Erfindungen amerikanischer Eisenhüttenleute fallen in dieses Jahr, so Massicks und Crookes verbesserte Winderhitzer (Amer. Pat. Nr. 398840), Hughes und Gowthorbs mechanischer Masselausheber, Samuel T. Wellmans Beschickungsvorrichtung für Flammöfen mit schweren Blöcken (Amer. Pat. Nr. 394419, 394421), ferner Henry Roberts Drahthaspel (D. R. P. Nr. 47630). In diesem Jahre wurden 104 Eisenwalzwerke mit Naturgas betrieben. Sweeney baute Puddelöfen mit Wärmspeicher für Naturgas. 21 Eisenwerke bedienten sich des Petroleums als Brennstoffes.

Besonders bemerkenswert war das Jahr 1889 auch dadurch, dafs die Beziehungen zwischen amerikanischen und europäischen Eisenhüttenleuten gefördert wurden. Die Pariser Ausstellung und eine Einladung der englischen Kollegen gaben hierzu die Veranlassung. Zahlreiche amerikanische Ingenieure, vielfach in officieller

---

[1]) Geb. am 23. Febr. 1839 als Sohn eines Geistlichen in Luzerne County, Pa.

Digitized by Google

Stellung, kamen nach Europa und benutzten die Gelegenheit, die wichtigsten Industriegebiete zu besuchen und mit den Ingenieuren des Landes in nähere Verbindung zu treten. Zu diesem Zwecke hatten die gröfsten technisch-metallurgischen Vereine ihre Jahresversammlung nach Paris verlegt, und dies gab Veranlassung zu belehrenden Vorträgen wie zu gegenseitiger Aussprache.

1890 wurden die Vereinigten Staaten das erste der Roheisen erzeugenden Länder der Welt.

Einen gewaltigen Aufschwung nahm die Eisenindustrie der Südstaaten, besonders Alabamas. Hier war 1878 der erste Kokshochofen erbaut worden und 1890 erzeugte der Staat bereits 780 000 Tonnen Roheisen. Im Mittelpunkt der Hochofenindustrie lag die rasch aufblühende Stadt Birmingham [1]).

Über die Entwickelung des amerikanischen Hochofenbetriebes im allgemeinen und insbesondere im Hinblick auf die Erzeugung grofser Mengen hielt James Gaylay 1890 einen Vortrag in New York [2]) — gelegentlich des Besuches europäischer, besonders auch deutscher Eisenhüttenleute in Amerika —, der grofses Aufsehen erregte. Die Mitteilungen über die grofsartigen Fortschritte bei dem Hochofenbetriebe und die Leistungen amerikanischer Hochöfen riefen Erstaunen hervor. Danach erreichte z. B. der 1889 angeblasene Lucyofen bei 515 cbm Inhalt, 708 cbm Windzufuhr in der Minute und $\frac{857}{1000}$ Koksverbrauch eine Tageserzeugung von 315 Tonnen.

Die Bessemerstahlerzeugung stieg von 1889 bis 1890 von 2 281 829 N.-Tonnen auf 4 123 535 N.-Tonnen, hiervon waren die Clapp-Griffith-öfen mit 82 850 und mit 76 990 Tonnen beteiligt. Die Leistungsfähigkeit der Konverter hatte sich derart gesteigert, dafs eine 10-Tonnen-Birne in 24 Stunden 1200 Tonnen Stahl lieferte. Die Blasezeit einer Charge betrug nur 10 bis 12 Minuten, der Abbrand 8 Prozent.

In der Zeitschrift „Stahl und Eisen“ (1896) erschien eine Reihe interessanter Berichte deutscher Ingenieure über diese Amerikafahrt, die zum besseren Verständnis der amerikanischen Eisenindustrie wesentlich beigetragen haben.

Ein Vorzug der amerikanischen Hochofenanlagen im Vergleich mit den englischen lag darin, dafs jeder Ofen seine eigene Gebläsemaschine und Winderhitzer hatte. Die hohe Pressung des Windes war nicht nur durch die grofsen Dimensionen der Öfen und das

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1891, S. 19.

[2]) Daselbst 1890, S. 1004.

Digitized by Google

Streben nach grofser Produktion, sondern auch durch die Natur der Erze, die sich sehr dicht zusammenlegten, bedingt. Die Wassermengen, welche zur Kühlung der Öfen gebraucht wurden, setzten die europäischen Ingenieure in Erstaunen. Die gröfsten Werke waren die Edgar-Thomson Steel Works and Blast Furnaces der Firma Carnegie Brothers & Co. bei Pittsburgh mit neun grofsen Hochöfen, welche ihr Roheisen einem Mischer für 100 Tonnen zuführten, aus dem es in die Bessemerbirnen gelangte. Der erblasene Bessemerstahl wurde 1890 ausschliefslich zu Eisenbahnschienen verarbeitet. Ebenso bedeutend waren die South Chicago Works der Illinois Steel Company, die aus einer Vereinigung von Unternehmungen in den Staaten Illinois und Wisconsin entstanden ist und 1890 19 Hochöfen besafs, wovon 14 in Betrieb standen.

Die durchschnittliche Tagesleistung der 169 im Jahre 1889 betriebenen Kokshochöfen hatte 101 Tonnen pro Tag betragen. Die Elizawerke bei Pittsburgh, die im Juni 1889 in Betrieb gekommen waren, erreichten 1890 in einem Ofen von 24,38 m Höhe und 7,01 m Kohlensackweite eine höchste Tagesproduktion von 362,2 Tonnen. Die direkte Eisendarstellung nach dem Verfahren von Eames wurde von der Carbon Iron Co. in Pittsburgh im grofsen betrieben [1]).

Auch bei der Eisengiefserei wurde die Handarbeit möglichst durch Maschinenarbeit ersetzt. Musterhaft war hierin die neu erbaute Giefserei der Westinghouse-Luftbremsengesellschaft zu Willmerding, besonders durch die Bewegung der Kasten auf beweglichen Transporttischen zu den Stampfmaschinen und Formpressen in den Giefsraum und von da in den Ausleerungsraum [siehe S. 547 [2])].

Der Thomasprozefs fafste im Jahre 1890 in den Südstaaten, wo die Verhältnisse dafür günstig waren, Boden. Am 17. September 1890 wurde in Chattanooga (Tennessee) das erste Flufseisen nach dem basischen Verfahren aus Roheisen, das aus einheimischen Erzen erzeugt war, erblasen. Die Martinstahlfabrikation hatte ebenfalls eine grofse Zunahme erfahren, 1890 erzeugten 53 Werke 50000 Tonnen Flammofenflufsstahl, der zu Blechen, Radreifen, Schmiedestücken, Draht und zu Façongufs verwendet wurde.

Das Flufseisen erlangte immer allgemeinere Anwendung, seit 1888 benutzte man es für den Dampfkesselbau. Die Panzerplattenfabrikation begann ein wichtiger Industriezweig zu werden, nachdem die Bethlehemstahlwerke nach den berühmten Schiefsversuchen zu Annapolis

---

[1]) Stahl und Eisen 1891, S. 111.

[2]) Daselbst 1890, S. 605.

Digitized by Google

am 18. September 1890, wobei sich die Überlegenheit der Nickelstahlplatten klar erwiesen hatte, diese Fabrikation in grofsem Umfange aufgenommen hatte. Eine grofse Rolle spielte noch die Herstellung geschnittener Nägel. Hierfür arbeiteten 1889 75 Walzwerke und es gab über 600 Nägelmaschinen.

14 Robert-Bessemer-Konverter arbeiteten 1890 auf Stahlgufs.

Unablässig waren die Maschineningenieure bemüht, neue Hülfsmittel für den Ersatz der Handarbeit und die Erleichterung des Betriebes zu erfinden und dieselben zu verbessern.

Zu erwähnen sind von den zahlreichen Verbesserungen der elektromagnetische Masselausheber von Samuel T. Wellman, Kennedy-Latropes hydraulischer Blockgreifer, die Chargiervorrichtung von Arthur Harrison[1]), die verbesserten Rollbahnen von Hanley, Aiken, Morgan, die kontinuierlichen Drahtwalzwerke von H. Roberts in Pittsburgh und von W. Swinbank in Joliet (Illinois). Manche Gesellschaften bauten ihre alten Anlagen, um sie mit den neuen Verbesserungen zu versehen, um, so z. B. die Illinois-Stahlgesellschaft ihr Schienenwalzwerk South Chicago [Illinois][2]).

Wichtig war auch die ausgedehnte Verwendung hydraulischer Transmissionen und die mannigfaltige Benutzung von Schmirgelscheiben zum Schleifen und Fertigmachen von Eisengufs und Eisenteilen.

Einen weiteren Vorteil zog die amerikanische Eisenindustrie aus dem verständigen Zusammenwirken der Eisenbahnverwaltungen und der Eisenindustriellen. Dies hatte namentlich billige Tarifsätze und vorzügliche Be- und Entladevorrichtungen zur Folge. — Zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit fand eine Zusammenlegung von Eisenwerken statt, wie z. B. der North Chicago Rolling Mill Co., der Union Steel Co., der Joliet Steel Co. und zahlreicher Werke der Südstaaten.

Am 6. Oktober 1890 trat die MacKinley-Tarifbill in Kraft und damit ein erhöhter Schutzzoll für die einheimische Eisenindustrie.

Infolge der Erhöhung des Schutzzolls auf Weifsblech von 1 Cent auf 2,2 Cent pro Pfund begann sich eine einheimische Weifsblechindustrie zu entwickeln. Bis dahin war fast alles Weifsblech aus England gekommen, dessen gröfster Abnehmer die Vereinigten Staaten waren. 1889 waren vier Fünftel der britischen Weifsblecherzeugung dorthin gegangen, 1890 nur drei Viertel.

1891 war ein kritisches Jahr, in welchem die Eisenindustrie einen

---

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1891, S. 305.

[2]) Daselbst 1897, S. 181.

Digitized by Google

starken Rückgang erlebte. Dieser machte sich besonders in Alabama fühlbar. Die Zahl der betriebsfähigen Hochöfen der Union ging (nach Swank) von 575 im Jahre 1889 auf 569 Ende 1892 herab[1]), dagegen nahm ihre Leistungsfähigkeit zu. Seit 1889 waren sechs neue Bessemer- und 17 Martinwerke entstanden. Die Zahl der Drahtstiftfabriken war von 37 auf 49 gestiegen, während die Zahl der Fabriken für geschnittene Nägel von 75 auf 65 und die Zahl der Nagelmaschinen von 6066 auf 5546 gesunken war. Ferner sind in dieser Zeit 20 Weifsblechfabriken entstanden. In Bezug auf die Gröfse der Leistung fand 1891 ein Wettkampf zwischen den Edgar-Thomson-Stahlwerken zu Braddock, Pa., und der Illinois-Stahlgesellschaft zu South Chicago statt. In den Bethlehem-Stahlwerken stellte John Fritz einen 125-Tonnen-Hammer auf und begann den Bau einer Schmiedepresse für 12000 Tonnen Druck. Eine wichtige Erfindung war H. A. Harveys Kohlungsverfahren für Panzerplatten [Amer. Pat. Nr. 460262][2]). Zu Sparrows Point walzte man 1891 Schienen direkt aus dem Block zu sechsfacher Länge aus. Hier ging man 1892 zuerst zum Vergiefsen in fahrbare Coquillen, dem sogenannten „Wagengufs“, über.

1892 war Pottstown das einzige Thomaswerk in Amerika.

Die Wellman Iron and Steel Co. baute das breiteste Trio-Blechwalzwerk. Die Walzen hatten 3350 mm Ballenlänge, Ober- und Unterwalze 876 mm, die Mittelwalze 508 mm Durchmesser.

Von den Erfindungen des Jahres 1892 erwähnen wir noch die von E. W. Blifs in Brooklyn durch Pressen aus starkem Stahlblech dargestellten Artilleriegeschosse[3]).

1893 war das Jahr der Columbischen Weltausstellung in Chicago, das 400jährige Erinnerungsfest an die Entdeckung Amerikas durch Columbus. Diese Weltausstellung übertraf an Umfang alle früheren. Die Vorführung der amerikanischen Eisenindustrie war zwar keineswegs vollständig, aber doch sehr bedeutend, ebenso war die Ausstellung der europäischen Staaten zum Teil glänzend. Deutschland trat besonders hervor, namentlich durch die unvergleichliche Ausstellung von Friedrich Krupp in Essen, sowie durch die schönen Ausstellungen der Gebrüder Stumm, Neunkirchen, und Rud. Böcking & Co., Hallbergerhütte. Viele Eisenhüttenleute Europas besuchten die Ausstellung in Chicago und von da aus ein oder das

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1892, S. 305.
[2]) Daselbst S. 213.
[3]) Daselbst S. 614.

Digitized by Google

andere gröfsere Eisenwerk. Hierdurch wurden die Bande zwischen den Fachgenossen Amerikas und Europas noch enger geknüpft und die Kenntnis der Verhältnisse der nordamerikanischen Eisenindustrie und ihrer Leistungen befördert. Dazu trugen auch die vortrefflichen Berichte bei, welche über die Ausstellung veröffentlicht wurden, von denen wir den von Professor Wedding im 13. Jahrgang von Stahl und Eisen, sowie den umfassenden officiellen Bericht von Josef Gängl von Ehrenwerth (Wien 1895) besonders hervorheben.

Wedding wies auf die Bedeutung der Lake-Superior-Lagerstätten im allgemeinen und die des erst eröffneten Mesabibezirkes im besonderen hin[1]). Die Fortschritte und Neuanlagen der amerikanischen Eisenindustrie, die zur Vorführung gelangten, haben wir zum gröfsten Teil bereits erwähnt. Bei dem Hochofenbetrieb hatte sich für die Gebläsemaschinen ein Normaltypus für aufrecht stehende Einzelmaschinen ausgebildet, für den besonders F. W. Gordon eintrat[2]). Dagegen empfahl J. Kennedy aus Pittsburgh für den Bessemerbetrieb liegende Gebläsemaschinen mit gesteuerten Rundschiebern und Verbunddampfmaschinen[3]).

Carnegie stellte 1893 Ferromangan im Hochofen so billig dar, dafs er in der Lage war, es ins Ausland zu verkaufen. In diesem Jahre kamen die ersten Koksöfen mit Gewinnung der Nebenprodukte in Betrieb. Es waren 12 Semet-Solvay-Öfen zu Syracuse, deren Bau schon 1891 begonnen worden war. Trotz des Niederganges der Eisenindustrie im allgemeinen entstanden doch mit jedem Jahre neue und bedeutende Bessemerwerke. 1889 die Duquesne Steel works, 1890 die Stahlwerke von Jones & Laughlin, 1891 die Werke der Maryland Stahlgesellschaft, 1892 das Werk Shenango Valley Steel Co., 1893 das grofse Bessemerstahlwerk der National Tube Mats Co. zu Mc Keesport [Pa.][4]). Letzteres erforderte für seine Dampf-, hydraulischen und elektrischen Maschinen 2500 P.S. Das Einsetzen und Ausheben der Stahlblöcke in den Durchweichungszwecken geschah durch elektrische Laufkräne.

Bei den Siemens-Martinverfahren hatte der basische Betrieb zugenommen. Von dem erzeugten weichen Flufsstahl wurden 75 Prozent für Blech und 25 Prozent für Stahlgufs verwendet. Bei der Draht-

---

[1]) Stahl und Eisen 1893, S. 374.
[2]) A. a. O. 1892, S. 465.
[3]) A. a. O. 1894, S. 852.
[4]) A. a. O. 1894, S. 16.

Digitized by Google

fabrikation war das fast ganz automatische, kontinuierliche Walzverfahren von Ichabod Washburn zur Einführung gelangt. Man benutzte bereits mehrfach elektrischen Antrieb für die Rollengänge und Walzentische.

Die Weifsblechindustrie der Vereinigten Staaten entwickelte sich trotz des hohen Schutzzolls anfangs nur langsam. England gab sich die gröfste Mühe, durch billige Preise den wichtigsten und gröfsten Markt für seine Weifsbleche zu behaupten, und die Zollpolitik der Staatenregierung war wegen des grofsen Bedarfes eine schwankende. Die McKinley-Bill hatte den hohen Schutzzoll auf Weifsblech von 2,2 Cent für das Pfund an die Bedingung geknüpft, dafs der Zoll nur aufrecht erhalten werden solle, wenn innerhalb fünf Jahre nach Einführung des Tarifs in einem Jahre die einheimische Erzeugung ein Drittel des Bedarfes erreichte. Da die Aussichten hierfür in den ersten Jahren ungünstig waren, so setzten es die Verbraucher durch, dafs ein neues Gesetz erlassen wurde, wonach vom 1. Oktober 1892 ab der Zoll auf Weifsbleche wieder von 2,2 Cent auf 1 Cent ermäfsigt und vom 1. Oktober 1894 ab ganz fortfallen sollte. Die Folge war, dafs die Morewood Tin Plate Works in New Jersey ihren Betrieb einstellten. In dem Jahre 1892/93 hatte die eigene Erzeugung der Union 49 960 Tonnen, die Einfuhr aus England 241 543 Tonnen betragen.

Die Jahre 1893 und 1894 waren im allgemeinen für die amerikanische Eisenindustrie ungünstig. Die Roheisenerzeugung ging von 9 303 512 Tonnen im Jahre 1892 auf 7 238 494 Tonnen im Jahre 1893 und auf 6 763 906 Tonnen im Jahre 1894 zurück. Trotzdem machte die Weifsblecherzeugung Fortschritte, sie betrug 1892 20 427 Tonnen, 1893 56 050 Tonnen, 1894 75 453 Tonnen und stieg 1895 auf 102 062 Tonnen. Wie aufserordentlich sich die Leistungsfähigkeit der Walzwerke durch die Einführung der maschinellen Bedienung gesteigert hatte, dafür bot das neue Schienenwalzwerk der Edgar-Thomson-Stahlwerke ein Beispiel dar. Es walzte im Oktober 1894 36 200 Tonnen Schienen, die beste Tagesleistung betrug 1945 Tonnen Schienen.

Ganz aufserordentlich war die Zunahme der Drahterzeugung, die von 1888 bis 1894 von 284 200 auf 684 100 Tonnen gestiegen war. Dem entsprechend hatte die Einfuhr abgenommen, so z. B. aus Deutschland von 80 000 auf 8566 Tonnen. Dagegen führte die Union Draht aus, 1894 bereits 20 000 Tonnen. Die Verwendung des Flufseisens zum Bau eiserner Häuser nahm sehr zu; in den grofsen Städten, besonders in New York und Chicago, wurden eiserne Riesenhäuser, die bekannten

Digitized by Google

„Himmelskratzer“ (sky scrapers), errichtet. Ein bedeutendes Bauwerk war der von John Mac Arthur konstruierte eiserne Turm des Stadthauses in Philadelphia.

1895 begann wieder eine bessere Zeit für die amerikanische Eisenindustrie. Die Roheisenerzeugung stieg auf 9597449 Tonnen; die Bessemerstahlproduktion betrug 1894 3628404 Tonnen, 1895 4987674 Tonnen; eine grofse Steigerung erfuhr auch die Herdflufsstahlerzeugung von 797495 Tonnen auf 1155377 Tonnen. Für letztere war die Inbetriebsetzung der neuen Martinofenanlage und des Blechwalzwerks der Illinois Steel Company [1]) von Bedeutung. Die Anlage war nach den Plänen von S. F. Wellman erbaut und umfafste vier Flammöfen zu 20 Tonnen und zwei zu 30 Tonnen Einsatz. Diese Öfen waren als Kippöfen konstruiert und konnten unmittelbar in eine Pfanne entleert werden. Die Joliet-Stahlgesellschaft versah 1894 ihre neuen Siemens-Regenerativ-Wärmeöfen mit Wellmanscher elektrisch-hydraulischer Beschickungsvorrichtung [2]). Ein neues Bessemerwerk war das Johnson-Stahlwerk in Lorain am Eriesee, das am 1. April 1895 in Betrieb kam. Es hatte zwei 12-Tonnen-Konverter, die von vier Kupolöfen von 7,6 m Höhe und 2,5 m Weite bedient wurden. Unter jedem Konverter befand sich ein feststehender hydraulischer Stempel zum Auswechseln der Böden. Das Giefsen der Blöcke erfolgte auf Wagen. Das Ausstofsen der Blöcke aus den Formen geschah in einem besonderen Gebäude durch zwei hydraulische Zwillings-Blockausstofser. Die heifsen Blöcke kamen dann in Durchweichungsgruben. Die Deckel der Gruben wurden mittels hydraulischer Cylinder bewegt. Jede Grube hatte ihre eigene Gas- und Luftzufuhr. Die Gruben wurden von zwei Morganschen Laufkränen von 15,8 m Spannweite, die elektrisch angetrieben wurden, bedient. Die Blöcke wurden zu Strafsenbahnrillenschienen ausgewalzt, wobei man sich eigenartige Transportwagen [3]) zum Bewegen des Walzgutes, von denen sich drei auf jeder Seite der Walzenstrafsen befanden, bediente. Diese Einrichtung hat sich jedoch nicht bewährt.

Die neuen Hochöfen der Edgar-Thomson-Werke von 27 m Höhe, 7 m Kohlensackweite und 625 cbm Fassungsraum erzielten 1895 die höchsten Produktionen, nämlich ein Ofen 3000 Tonnen Roheisen in der Woche oder 428 Tonnen in 24 Stunden, also wieder ein bedeutender Fortschritt gegen die Höchstleistungen von 1890.

[1]) Stahl und Eisen 1895, S. 797.
[2]) Daselbst 1897, S. 137.
[3]) Daselbst 1895, S. 903 und Tafel X.

Digitized by Google

Dabei war der Hochofen Nr. I über fünf Jahre in Betrieb und hatte über 650 Kilotonnen Roheisen mit einem Koksaufwande von $\frac{843}{1000}$ erzeugt.

Die Herstellung von Hartgufsrädern, die in Amerika auch für Eisenbahnfahrzeuge verwendet wurden, bildete eine umfangreiche Industrie, die viele Werke (Car Wheels Companies) ausschliefslich beschäftigte [1]). Der Gufs wurde in eisernen Formen (Coquillen) ausgeführt, und besonders hatten die von J. M. Barr in Milwaukee erfundenen Formen mit Ringkanälen zur Abkühlung (A. P. 411369) Verbreitung gefunden.

Die anfangs günstige Entwickelung der amerikanischen Eisenindustrie führte rasch zu einer Überproduktion, so dafs bereits Ende des Jahres 1895 wieder ein Rückgang eintrat. Aus Swanks Führer durch die Eisen- und Stahlwerke der Vereinigten Staaten von 1896 ist zu ersehen, dafs die Zahl der betriebsfähigen Hochöfen auf 469 gesunken, ihre Leistungsfähigkeit aber auf 17651615 Tonnen gestiegen war. 1876 zählte man 713 Hochöfen, deren Leistungsfähigkeit 4934158 Tonnen betrug. Die Erzeugung eines Ofens hat sich also in 20 Jahren von 6920 Tonnen auf 37636 Tonnen gesteigert. Von den 469 Hochöfen waren noch 96 für Holzkohlenbetrieb bestimmt. 10 neue Kokshochöfen waren im Bau begriffen, darunter vier in Duquesne von der Carnegie Stahlgesellschaft von den gröfsten Dimensionen. Die Zahl der Puddelöfen war von 1894 bis 1896 von 4715 auf 4408 zurückgegangen. Die Zahl der Bessemerwerke hatte um fünf, die Zahl der Martinstahlwerke um acht zugenommen. Die Zahl der Martinöfen für Stahlgufs war in den zwei Jahren von 28 auf 35 gestiegen. Thomasstahl wurde im Januar 1896 von keinem Werke gemacht. Die Zahl der Weifsblechfabriken betrug 69. Mit der direkten Darstellung von schmiedbarem Eisen aus den Erzen beschäftigten sich nur noch 23 Anlagen.

Von den Holzkohlenhochöfen erzielte (nach einem Reisebericht Odelstjernas) der der Ashland Eisen- und Stahlgesellschaft gehörige Hinkle-Ofen von 18,3 m Höhe und 3,66 m Kohlensackweite bei einer Windpressung von 285 mm Quecksilber bis zu 125 Tonnen Roheisen in 24 Stunden, allerdings aus Erzen von 64 Prozent Eisengehalt. Der Kohlenaufwand betrug $\frac{700}{1000}$. Der Verbrauch an Naturgas in der Eisenindustrie war seit 1888 gesunken, entsprach aber 1893 immer

[1]) Stahl und Eisen 1895, S. 1050.

Digitized by Google

noch einer Steinkohlenersparung von über 14 Millionen Dollar[1]). Die Pennsylvanian Steel Works in Steelten heizten ihre zahlreichen Martinöfen, die alle als Kippöfen eingerichtet waren, mit Petroleum. Das Kippen geschah mit Hydraulik. Die neuesten Öfen waren basisch zugestellt für Chargen von 55 Tonnen. Die Homestead Steel Works zu Munhall, der Firma Carnegie & Co. gehörig, beschäftigten 25000 Arbeiter und hatten die gröfste Produktion der Welt: $1\frac{1}{2}$ Million Tonnen Roheisen und ebenso viel Handelseisen und Stahl, also mehr Roheisen und mehr als doppelt so viel Flufseisen wie Frankreich. Das Werk hatte zwei grofse Martinanlagen, eine für sauren, die andere für basischen Betrieb mit Öfen für 12 bis 35 Tonnen. Die Bedienung derselben war fast ganz mechanisch unter ausgedehnter Anwendung von Elektrizität. Die Rückkohlung des weichen Martinflufseisens zu jeder beliebigen Härte erfolgte mit in Papiersäcken abgewogenem Holzkohlenpulver. Homestead verarbeitet viel Nickelstahl, besonders zu Panzerplatten (mit 3,25 Prozent Nickel).

Die neuen Duquesne Steel Works bei Cochrane, ebenfalls Carnegie & Co. gehörig, zeichneten sich durch ihren Schnellbetrieb aus. Zwei 7-Tonnen-Konverter erzeugten 235000 Tonnen Bessemerstahl, der in vier Walzenstrafsen zu Schienen und Billets verwalzt wurde. Sowohl Schienen wie Billets wurden ohne besondere Erhitzung direkt aus den teilweise mit Naturgas geheizten Durchweichungsgruben ausgewalzt. Auf dem Stahlwerke von Johnson & Co. in Johnstown war das elektrische Zusammenschweifsen von Weichenzungen in grofsem Mafsstabe in Anwendung. 1896 kam auch die neue Bessemeranlage Lorain Steel Works in zwei 12-Tonnen-Konvertern in Betrieb.

Der Eisenbahnbau nahm 1896 einen grofsen Umfang an, 10145 engl. Meilen neuer Linien standen im Bau und über 30000 Meilen in Aussicht. Die folgenden Jahre brachten dann auch einen enormen Aufschwung der Eisenindustrie. Die Roheisenproduktion stieg 1897 auf 9807123 Tonnen, 1898 auf 11962316 Tonnen und 1899 auf 13838634 Tonnen; das ist mehr, als die Eisenerzeugung aller Länder der Erde im Jahre 1871 betragen hatte. Entsprechend dieser Steigerung der Gesamtleistung trat eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Eisen- und Stahlwerke ein. Die Förderung der Eisensteingruben am Oberen See betrug 1896 9948 Kilotonnen, hiervon lieferte der Mesabidistrikt, der erst 1893 aufgeschlossen worden war, am meisten.

---

[1]) Nach Odelstjerna, Stahl und Eisen 1896, S. 476.

Digitized by Google

Es förderten die Distrikte:

Marquette	2563	Kilotonnen
Menominee	1626	"
Gogebic	1789	"
Vermillion	1088	"
Mesabi	2882	"
Zusammen	9948	Kilotonnen[1])

Die Ladevorrichtungen in dem Hafen von Duluth waren so vorzüglich, dafs ein Erzschiff von 5000 Tonnen Gehalt in 55 Minuten beladen werden konnte. Bei dem Hochofenbetrieb führt Lürmann-Osnabrück als Verbesserungen die Kühlkasten von H. G. Baumann, die Kühlpfeiler (Buckstane) von James Scott, Gaines Windform und einen Sicherheitsgasfang von F. A. Foote an. Fortschritte der Leistungsfähigkeit kamen bei der von Carnegie & Co. neu erbauten Hochofenanlage in Duquesne am glänzendsten zur Erscheinung. Das Nähere über diese Anlage, die als ein epochemachender Fortschritt anzusehen ist, haben wir im allgemeinen Teil bereits angeführt. Jeder Hochofen war imstande, täglich 600 Tonnen Roheisen zu liefern. Da die Erze von Lake Superior etwa 1760 km weit herbeigeschafft und dabei zweimal umgeladen werden mufsten, so war ein vorteilhafter Betrieb nur möglich durch die vorzüglichen Transport- und Ladeeinrichtungen[2]). Eine grofse Wichtigkeit hatte die Hochofenindustrie der Südstaaten erlangt, die infolge günstiger natürlicher Verhältnisse und des vorteilhaften Betriebes in der Lage war, Giefserei- und Thomasroheisen in Europa anzubieten. Im Jahre 1896 sollen 100000 Tonnen Alabamaroheisen nach England verkauft worden sein. In Hamburg wurde Puddelroheisen zu 44,40 Mark angeboten. Besonders günstig sind die Produktionsbedingungen bei Birmingham in Alabama, wo Roheisenerz, Kokskohle und Zuschlagmaterial in einem Umkreis von nur fünf engl. Meilen, an einigen anderen Orten von nur einer Meile zusammen liegen[3]). Die Erze werden gewaschen, in Gasschachtöfen geröstet und dann durch magnetische Separatoren auf 58 Prozent Eisengehalt angereichert. Die Roheisenerzeugung war 1896 auf 8761100 Tonnen gestiegen, wovon 922175 Tonnen auf Alabama entfielen. Die Her-

[1]) Stahl und Eisen 1897, S. 950.

[2]) Stahl und Eisen 1897, S. 354; Paul Trasenster, Lüttich, La Concurrence Américaine 1897.

[3]) Stahl und Eisen 1897, S. 439.

Digitized by Google

stellungskosten betrugen, abgesehen von der Verzinsung des Anlagekapitals, für:

Arbeit	1,00	bis	1,25	Dollar
Reparaturen	0,40	„	0,50	„
Materialien	0,40	„	0,50	„
mit dem Verkauf verbundene Auslagen	0,20	„	0,25	„
Zusammen	2,00	bis	2,50	Dollar

Einschliefslich der Kapitalzinsen und aller sonstigen Kosten kam aber doch die Tonne Giefsereiroheisen zu Birmingham auf 6 Dollar zu stehen.

Ende 1897 betrug die Zahl der Koksöfen in den Vereinigten Staaten 47 668 mit über 12 Millionen Erzeugung; davon waren 180 Otto-Hoffmann-Öfen, 88 Semet-Solvay-Öfen, 30 Newton-Chambers-Öfen und 3 Slocumöfen, alle mit Gewinnung der Nebenprodukte. Carnegie war durch die Leistungsfähigkeit seiner Hochöfen imstande, die Tonne Roheisen für 20 Mark darzustellen. Sonst rechnete man 7 Dollar pro Tonne loco Pittsburgh.

Für die Weiterverbreitung des Roheisens hatte sich in Alabama der basische Martinbetrieb als sehr geeignet erwiesen, und es war eine grofse Anlage hierfür projektiert. Das Giefsereiroheisen wurde am meisten für Röhrengufs verwendet. 1897 bestanden sieben Röhrengiefsereien mit einer Leistungsfähigkeit von 725 Tonnen den Tag.

Die Erzeugung von Herdflufsstahl nahm ständig zu, während die von Bessemerstahl schwankend war. Die theoretische Leistungsfähigkeit der 1896 vorhandenen 88 Herdstahlwerke mit 245 Martinöfen wurde zu 2430450 Tonnen gegen 1740000 Tonnen am 1. Januar 1894 geschätzt. Die Zahl der grofsen Öfen hatte zugenommen, man zählte 50 zu 20 Tonnen, 24 zu 25 Tonnen, 25 zu 30 Tonnen, 8 zu 35 Tonnen, 6 zu 40 Tonnen und 10 zu 50 Tonnen. Pennsylvanien hatte 1895 80 Prozent des amerikanischen Herdflufsstahls erzeugt.

Eine vorzügliche Anlage war das neu erbaute Blechwalzwerk der Illinois-Stahlgesellschaft zu South-Chicago[1]). Für das Blechwalzwerk der Bethlehem Iron Company wurde zur Bedienung der Gichtgrube ein elektrischer Laufkran von 100 Tonnen Tragkraft erbaut: das Vorwalzwerk war mit zwei von Macintosh, Hemphill & Co. in Pittsburgh erbauten Reversiermaschinen von 6000 und 2240 P. S. ausgerüstet. Die Aikenschen Hebetische wurden von zwei Zwillings-Reversiermaschinen bedient[2]). Das Werk besafs ferner ein Universal-

[1]) Stahl und Eisen 1897, S. 185.

[2]) A. a. O., S. 215.

Digitized by Google

walzwerk, das von einer Zwillings-Reversiermaschine von obiger Firma von 5000 P.S. betrieben wurde. Die Gewichtsausgleichung der Walzen geschah durch Elektromotoren.

Infolge der vorzüglichen Leistungen der Stahlindustrie hatte der Bau eiserner Schiffe einen grofsen Aufschwung genommen. Erst im Jahre 1870 hatte man mit dem Bau von Kriegsschiffen begonnen und 1897 wurde bereits nicht nur der eigene Bedarf gedeckt, sondern auch Schiffe für andere Staaten gebaut.

Welchen Aufschwung der Handel mit Eisen und Eisenwaren, sowie mit Maschinen genommen hatte, erhellt daraus, dafs 1890/91 die Einfuhr im Geldwert 53544000 Dollar, die Ausfuhr 32128000 Dollar, 1896/97 dagegen die Einfuhr 16108000 Dollar, die Ausfuhr aber 62740000 Dollar betragen hat. Die europäische Einfuhr von Eisen- und Stahlwaren war sehr zurückgegangen, während die Ausfuhr nach Europa von Jahr zu Jahr zunahm. 1897 wurde ein neuer Zolltarif, die Dingley-Bill, mit zum Teil noch höheren Schutzzöllen für die Eisenindustrie beschlossen. Auch war am 1. Januar 1897 das schottische System der Lagerscheine (Warrants) von der American Pig Iron Storage Company und der Metallbörse zu New York eingeführt worden.

Die amerikanische Weifsblechindustrie hatte sich, trotz der heftigen Gegnerschaft der Weifsblechkonsumenten, die gegen den hohen Schutzzoll kämpften und die wenn auch nicht wie erhofft die gänzliche Aufhebung des Schutzzolles, so doch vom 28. August 1894 ab die Herabsetzung des Zolles von 2,2 Cent auf 1,2 Cent durchgesetzt hatte, glänzend weiter entwickelt. Die Weifsblecherzeugung stieg 1895 auf 102062 Tonnen, 1897 auf 260711 Tonnen und überflügelte damit die Einfuhr, die in diesem Jahre 230074 Tonnen betrug.

Nach Inbetriebsetzung der Hochofenanlage von Duquesne führten Carnegie & Co. zu Homestead ein ganz neues Verfahren ein, indem sie das Roheisen flüssig in die Martinöfen brachten und nur geringe Mengen von kaltem Schrott nachsetzten. Das flüssige Roheisen wurde in 15-Tonnen-Wagen 8 engl. Meilen weit angefahren und in einem grofsen Mischer von 250 Tonnen Inhalt entleert. Ein Abstich eines Hochofens von Duquesne füllte 8 bis 10 Wagen; diese wurden elektrisch umgekippt. Man liefs das flüssige Roheisen eine Stunde im Mischer stehen und gofs es dann in Kellenwagen von 20 Tonnen Inhalt. Das Füllen des Mischers dauerte 40 Minuten, das Entleeren 10 Minuten. Täglich wurden auf diese Weise 700 bis 800 Tonnen von den Hochöfen angefahren.

Digitized by Google

Die Anreicherung armer Erze durch elektro-magnetische Aufbereitung hatte Edison 1898 in New Jersey in grofsem Mafsstabe durchgeführt.

Eine neue Hochofenanlage, die an Leistungsfähigkeit mit der von Duquesne wetteifern sollte, legte die Johnson Steel Company 1898 bei Lorain (Ohio) an[1]). Die Hochöfen waren die gröfsten in Amerika, 30,48 m hoch, 6700 mm Kohlensackweite, 4570 mm in der Gicht und 4267 mm im Gestell und ein jeder mit je 12 Windformen versehen. Zu einem Ofen gehörten vier steinerne Winderhitzer von 30,48 m Höhe und zwei Gebläse. Die beiden Hochöfen sollten 350000 Tonnen im Jahre erzeugen.

Die Einführung von Hibbards Drehscheibe für den Gufs und die Fortbewegung der Masseln war eine wichtige Neuerung.

Nach Swanks statistischem Führer für 1898 hatte die Zahl der Hochöfen abgenommen, ihre Leistungsfähigkeit aber um 2 Mill. Tonnen zugenommen, dasselbe war bei den Bessemerstahlwerken der Fall. Die Kleinbessemerei war sehr zurückgegangen. Die Zahl der Puddelöfen hatte sich seit 1896 um 519 vermindert. Die Zahl der Martinöfen hatte sich um 61, ihre Leistungsfähigkeit um 1 Million Tonnen vermehrt.

Die Eisengiefserei der Westinghouse-Luftbremsengesellschaft war bedeutend vergröfsert und der mechanische Betrieb noch verbessert worden[2]). Zu den vorzüglichen Leistungen der amerikanischen Eisengiefsereien trugen sorgfältige Kontrollproben und genaue Lieferungsbedingungen bei.

Das grofsartige Unternehmen des schottischen Handwerkersohnes Andrew Carnegie, die Carnegie Steel Company, stellte 1898 200000 Tonnen Stahl im Monat dar, wovon $^2/_3$ im Inland verarbeitet, $^1/_3$ ausgeführt wurde. 1899 errichtete die Gesellschaft vier weitere basische Siemens-Martin-Öfen von je 50 Tonnen Einsatz auf dem Homestead-Stahlwerk. In dem neuen Bessemerstahl-Walzwerke der Maryland Steel Company zu Sparows Point [Maryland][3]) wurden 1898 die Blöcke nicht in Gruben, sondern direkt auf Wagen gegossen. Zum Wärmen der Blöcke dienten 10 Tieföfen, wovon jeder 10 Blöcke fafste; sie wurden mit Petroleum geheizt und von zwei elektrischen Kränen, welche die Blöcke auf Wagen legen, die sie dem Blockwalzwerk zuführen, bedient. Für letzteres hatte man ein Duo-Reversierwalzwerk den gebräuchlichen Trioblockgerüsten vorgezogen. Das Schienenwalzwerk war dagegen ein Trio, worin die vorgewalzten

---

[1]) Stahl und Eisen 1898, S. 1060.
[2]) A. Ledebur in Stahl und Eisen 1898, S. 461.
[3]) Stahl und Eisen 1898, S. 709.

Blöcke auf sechsfache Schienenlänge gestreckt wurden. Das Walzwerk verfügte über eine Dampfkraft von 5000 P.S. Das neu erbaute Walzwerk der Buhl-Stahlgesellschaft in Sharon (Pa.) war dadurch interessant, dafs darin ein von Huber erfundenes automatisches Walzwerk, das Blechplatinen und kleine Stangenknüppel selbstthätig walzte, betrieben wurde.

Die riesige Zunahme der Roheisenerzeugung seit 1897 war nur möglich durch die grofsartigsten Vorrichtungen zum Abbau, zur Verladung und zum Transport der Lake-Superior-Erze[1]), aus denen 75 Prozent des Roheisens der Unionsstaaten erblasen wurden. Während man in den älteren Erzgebieten von Marquette, Menominee, Gogebic und Vermillion schon zum unterirdischen Bergbau übergegangen war, erfolgte der Abbau der reichen Mesabierze noch durch Tagebau mit Hülfe riesiger Dampfbagger, von denen einer von 90 Tonnen Gewicht und 190 P.S. in 10 stündiger Schicht 200 Doppelwagen zu 25 Tonnen, also 5000 Tonnen, Erze abzuschöpfen und zu verladen vermochte. Die Erze gehen dann während der Saison, d. h. in der Zeit vom 1. Juni bis 1. Dezember, in Eisenbahnwagen, die 25 bis 50 Tonnen fassen, nach den sogenannten oberen Häfen: Duluth, Two-Harbours, Ashland, Marquette und Escanaba, wo sie in die Docks gestürzt werden. Es sind dies hohe, riesige Ladebühnen mit Taschen von 65 bis 180 Tonnen Fassungsraum, aus denen das Erz direkt in die Schiffe gelangt. Doch kommen auch Kräne mit selbstthätigen Greifkübeln, endlose Ketten mit Fördergefäfsen oder Förderbänder zum Verladen von Erzen und Steinkohlen zur Anwendung. Eine Brücke oder Ladebühne bei Duluth ist 712 m lang und 16 m breit und fafst in 384 Taschen 57 000 Tonnen Erz. Schiffe führen die Erze aus dem Oberen See an die Südküste des Eriesees, wo die gröfsten Hüttenwerke lagen und wo die Erze von grofsartigen Entladevorrichtungen aus den Schiffen in Eisenbahnwagen gehoben werden.

Im Jahre 1899 wurden am Oberen See an 18 Millionen Tonnen Eisenerze aus folgenden Häfen verschifft:

Escanaba	3 720 218	Tonnen
Marquette	2 733 598	"
Ashland	2 703 447	"
Two Harbours	3 973 733	"
Gladstone	381 457	"
Superior	878 912	"
Duluth	3 509 965	"
Zusammen	17 901 360	Tonnen

[1]) Stahl und Eisen 1897, S. 948, 1900, S. 513.

Über die grofsartigen Verladevorrichtungen der Hüttenwerke und Docks am Südufer des Eriesees, besonders der der Lorain-Stahlgesellschaft, verweisen wir auf die Schilderung von A. C. Johnston in der Zeitschrift Stahl und Eisen (1891, S. 14). Wir nennen nur den Huletbschen Erzumlader und die Eisenbahnwagen-Entlademaschinen der McMyler-Gesellschaft, ferner die neueste von Carnegie & Co. in Conneaut (Ohio) erbaute Ausladevorrichtung von George H. Hullet. Diese besteht aus einer hochliegenden Blechbrücke, die wie ein Balancier befestigt und beweglich ist. An dem einen Ende hängt ein grofser Greiferkübel, der 10 Tonnen Erz aus dem Schiffe fafst. Alsdann wird die Brücke mit dem Kübel hochgeschwenkt, das Greifgefäfs gleitet an das andere Ende der Brücke und entleert jetzt hier am tiefsten Punkte seinen Inhalt in einen Trichter über dem Eisenbahnwagen.

Die neuesten von Rockfeller, Carnegie und anderen aus Stahl gebauten grofsen Transportschiffe, die wegen ihres gekrümmten Oberdecks „Walfischrücken“ (whalebacks) heifsen, sind 150 m lang und fassen 8000 Tonnen Erz. Starke Dampfer schleppen immer je zwei Erzschiffe über die Seeen, meist zu den Häfen am südlichen Ufer des Eriesees, wie Toledo, Huron, Lorain, Cleveland, Fairport, Conneaut, Ashtabula u. s. w. Die Wasserfracht betrug 1900 5,35 Mark für die Tonne; Carnegie, der im Mesabibezirk die Erze selbst abbaute und sie auf eigenen Schiffen nach dem Carnegiehafen am Eriesee fuhr, hatte sogar 1897 nur 2,31 Mark Frachtkosten einschliefslich zweimaligen Umladens. Die Eisenbahnfracht war ebenfalls weit niedriger als in Europa, besonders als bei uns in Deutschland. Sie wurde nicht nach feststehenden Tarifen berechnet, sondern nach Vereinbarungen und überstiegen oft kaum die Selbstkosten. Die Verfrachtung geschah in zweckmäfsig konstruierten Erzwagen, die ein hohes Ladegewicht bis zu 50 Tonnen hatten. Im Jahre 1897 stellte sich die Eisenbahnfracht bis Pittsburgh nicht höher als etwa 7 Mark die Tonne. Nur auf dieser Grundlage war es möglich, dafs Pittsburgh das Centrum der Roheisenerzeugung blieb.

Für die Südstaaten war der Bezug der reichen Erze von Cuba wichtig geworden. Der Krieg gegen Spanien war hierfür sehr störend.

Die immer zunehmende Gröfse der amerikanischen industriellen Unternehmungen zwang fast die Einzelunternehmer zum Zusammenschlufs zu grofsen Vereinigungen gleichartiger Werke [1]) oder zur Bildung

---

[1]) Stahl und Eisen 1900, S. 510.

sogenannter Trusts. Andrew Carnegie, der ein Gegner der Syndikate war, verhinderte zwar anfänglich die Bildung eines grofsen Eisen- und Stahltrusts, ähnlich dem Kupfertrust, er verband sich aber mit Rockfeller und sicherte sich dadurch den Erzbezug vom Oberen See und eine beherrschende Stellung. Nach Beilegung des Streites mit Frick wurde 1900 die Carnegie Company mit einem Kapital von 160 Millionen Dollar gegründet. Alle Spezialitätenfabriken, wie Feinblechwalzwerke, Schraubenfabriken, Röhrenfabriken, selbst Stabeisenwalzwerke verbanden sich dagegen, zur Erzielung besserer Verkaufspreise, zu Trusts. Diese Konsolidationen repräsentierten meistens riesige Kapitalien [1]). Carnegie warnte vor den Trusts, doch konnte er trotz seines Einflusses die Strömung der Zeit nicht aufhalten.

Es erscheint angezeigt, dafs wir einen Blick auf den Lebensgang dieses für die Eisenindustrie Amerikas so wichtigen Mannes werfen. Andrew Carnegie war der Sohn eines armen Webers, der aus Not im Jahre 1846 mit seiner Familie aus seinem Heimatsorte Dunfermline in Schottland nach Amerika ausgewandert und in dem neu entstandenen Industrieorte Alleghany City in Pennsylvanien mit seinem kaum 11 jährigen Sohne in einer Baumwollspinnerei Arbeit gefunden hatte. Andrew, der am 25. November 1835 geboren war, verdiente sich hier seinen ersten Lohn, 1 ½ Dollar die Woche, und der spätere Milliardär erzählt, dafs ihn niemals Geld so glücklich gemacht habe wie dieses erstverdiente. In Andrew Carnegie steckte das unbändige Bestreben, voranzukommen, was ihm bei grofser Begabung durch Fleifs, Ausdauer, Entschlossenheit und Wagemut in beispielloser Weise gelang. Er ist das Vorbild eines amerikanischen self-mademan. In seinem 13. Jahr übernahm er die besser gelohnte Arbeit eines Kesselheizers. Seine freie Zeit verwendete er dazu, sich weiter zu unterrichten, wozu ihm die Bibliothek des Kapitäns J. Anderson, der dieselbe den Arbeitern zur Benutzung überlassen hatte, Gelegenheit gab. Das Dankgefühl für diese Wohlthat war so mächtig in ihm, dafs er in späteren Jahren viele Millionen für die Errichtung solcher Volksbibliotheken schenkte. Zunächst brachten ihm seine erworbenen Kenntnisse einen Schreiberposten auf dem Kontor der Fabrik ein. Jm 15. Jahre starb ihm der Vater und nun mufste er auch für den Unterhalt seiner Mutter und eines jüngeren Bruders sorgen. Er wurde Depeschenbesteller, dann Telegraphist und erwarb als solcher so sehr

---

[1]) Stahl und Eisen 1900, S. 403.

Digitized by Google

das Vertrauen seines Vorgesetzten Thomas Scott, dafs dieser, als er beim Ausbruch des amerikanischen Bürgerkrieges als Chef des Telegraphenwesens in das Ministerium berufen wurde, den jungen Andrew nach Washington mitnahm. Nach dieser Zeit begann Carnegie zu spekulieren. Mit Woodruff verband er sich zur Ausbeutung von dessen Erfindung der Eisenbahnschlafwagen. Hierzu mufste er sich das Geld noch leihen. Das Unternehmen rentierte und mit dem erzielten Gewinn beteiligte er sich an der Ausbeutung von Petroleumquellen, die so viel Nutzen abwarfen, dafs Andrew ein wohlhabender Mann wurde. Mit scharfem Auge hatte er die Mängel der amerikanischen Eisenbahnen erkannt. Hierzu gehörten besonders die hölzernen Brücken, die so oft einstürzten und zu schweren Unfällen Veranlassung gaben. Er organisierte deshalb die Cyclop-Eisenwerke und die Keystone-Gesellschaft, baute die erste eiserne Brücke über den Ohio, deren Erfolg ihm so viele Aufträge einbrachte, dafs er sie kaum bewältigen konnte. 1868 überzeugte er sich auf einer Reise durch England von der Überlegenheit der Stahlschienen, worauf er sofort nach seiner Rückkehr ein Bessemerstahl- und Schienenwalzwerk anlegte. Seine Eisen- und Stahlwerke vergröfserten und vermehrten sich von Jahr zu Jahr und wurden die gröfsten Anlagen der Welt. Ende 1899 beschäftigten sie 50000 Arbeiter und erzeugten $3\frac{1}{2}$ Mill. Tonnen Stahl, über $12\frac{1}{2}$ Prozent der Weltproduktion. Er hat wie kein anderer zu der glänzenden Entwickelung der Eisen- und Stahlindustrie Amerikas beigetragen. Im Jahre 1900 zog er sich von den Geschäften zurück. Man schätzte sein Vermögen auf mindestens 300 Millionen Dollar. Hiervon machte er den edelsten Gebrauch für zahllose Werke der Wohlthätigkeit, die aber alle praktischen Bedürfnissen dienen und besonders den Arbeitern zu gute kommen sollen. Vornehmlich gründete er Volksbibliotheken, nach und nach etwa 120, nicht nur in amerikanischen, sondern auch in schottischen und englischen Städten. Dem gröfsten dieser Unternehmen, dem Carnegie-Institute in Pittsburgh, wendete er 7250000 Dollar, den Freibibliotheken New Yorks 5200000 Dollar, den Freibibliotheken in St. Louis 1000000 Dollar zu. Er sprach den Grundsatz aus: „Wer immer seinen überschüssigen, nicht festliegenden Reichtum in selbstsüchtiger Weise nur dazu benutzt, um immer mehr Geld zusammenzuscharren, ist ein Dieb. Es ist eine Schande für einen Mann, mit Reichtum überladen zu sterben.“ Andrew Carnegie war nicht nur der gröfste Förderer der Industrie der Vereinigten Staaten, er war auch ihr gröfster Wohlthäter.

Digitized by Google

Nach dieser kurzen Abschweifung kehren wir zu der Geschichte der Trusts in den Vereinigten Staaten zurück.

Zu Beginn des Jahres 1901 kam, besonders durch den reichen Finanzmann Pierpoint Morgan, der gewaltige Stahltrust, der die Werke der Carnegie-Gesellschaft und alle Stahlwerke des westlichen Centralamerika umfafste, zustande. Sein Vermögen betrug über $4^1/_2$ Milliarden Mark. Technischer Leiter wurde Charles M. Schwab, ein Deutscher von Geburt.

Von technischen Fortschritten der letzten Jahre ist die Einführung von besseren Koksöfen mit Gewinnung der Nebenerzeugnisse zu nennen. Ende 1897 gab es 47668 Koksöfen, zumeist Bienenkorböfen mit 12055500 Tonnen Erzeugung in den Vereinigten Staaten. 1898 wurden 400 Otto-Hoffmann-Öfen bei Boston gebaut und 1899 wurde eine grofse Koksofenanlage mit 1200 Otto-Hoffmann-Öfen bei Everett (Mass.) beschlossen.

Hatte man noch 1897 die enorme Leistung der Duquesne-Hochöfen von je 600 Tonnen in 24 Stunden für eine Ausnahme angesehen, so erstrebten in den folgenden Jahren bei der grofsen Steigerung des Bedarfes an Roheisen alle grofsen Gesellschaften ähnliche Produktionen. So hatte z. B. 1899 die Ohio-Stahlgesellschaft zwei grofse Hochöfen für je 600 Tonnen Tageserzeugung erbaut. Die Carnegie-Gesellschaft selbst hatte zwei weitere Hochöfen in Duquesne und zwei in Rankin errichtet. Letztere waren 32,3 m hoch, hatten 7,3 m im Kohlensack und für 1400 Tonnen Tagesleistung eingerichtet. Ebenso führte die Illinois-Stahlgesellschaft zwei solche Riesenöfen in South-Chicago auf. Die Zahl der neuerbauten und projektierten grofsen Hochöfen betrug Ende 1899 19 mit einer Gesamtleistungsfähigkeit von 2600000 Tonnen im Jahre.

Bei der neuen Hochofenanlage in Columbus [Ohio][1]) hatte man für zwei Hochöfen fünf stehende Gebläsemaschinen, die nach beiden Öfen blasen konnten. Man arbeitete durchgehends mit hoher Pressung, etwa einer Atmosphäre, die aber in einzelnen Fällen bis 1,7 Atmosphären gesteigert wurde. Das geschmolzene Eisen für den Flufsstahlbetrieb wurde meist in fahrbare Pfannen abgestochen und in diesen den Mischern zugeführt. Zum Schliefsen des Stichlochs war die sogenannte Thonkanone (mud gun) in Anwendung. Eine gröfsere Verbreitung haben die Giefsmaschinen, besonders die von Ed. U. Uehling[2]) gefunden.

[1]) Stahl und Eisen 1900, S. 639.

[2]) A. a. O., S. 25.

Digitized by Google

Die Leistungsfähigkeit der Flufsstahlwerke erfuhr ebenfalls eine gewaltige Steigerung. Auch hierin fand ein grofser Wettkampf zwischen den grofsen Stahlwerken statt. Zu Anfang 1899 erzielten die Joliet-Werke der im September 1898 mit fast 100 Millionen Dollar Aktienkapital konsolidierten Federal Steel Company den höchsten Rekord mit einem Tagesausbringen von 2184 Tonnen. Eine ihrer Knüppelwalzen lieferte in 12 Stunden 963 Tonnen Knüppel. Das Bessemerwerk von Carnegie zu Duquesne machte mit zwei Konvertern von 10 Tonnen in einem Tage 120 Chargen und 2400 Tonnen Stahl.

Bei den Bessemerwerken kam man immer mehr von den Giefsgruben ab und ging zu dem Wagengufs über[1]), wodurch die Leistungsfähigkeit erhöht wurde. Das Abstreifen der Koquillen mit dem „stripper“ geschah ebenfalls auf demselben Plattwagen. Auch bei den neuen Martinanlagen der Tennessee-Stahlgesellschaft zu Ensley und der Illinois-Stahlwerke zu South-Chicago war man zum Wagengufs übergegangen. Das vorzüglich eingerichtete Stahlwerk zu Ensley hatte 10 Wellman-Seaver-Kippöfen von 50 Tonnen Fassung. Das Kippen geschah durch hydraulische Pumpen. Die Thüren der Öfen wurden durch Prefsluftcylinder gehoben. Die fahrbaren Begichtungswagen wurden elektrisch bewegt.

Auf den Werken der Illinois- und der Pennsylvania-Stahlgesellschaften waren 1899 kippbare Martinöfen, System Wellman und Campbell, von 75 Tonnen, auf dem Pencoyd-Iron-Works bei Philadelphia ein solcher von 100 Tonnen Fassungsraum in Betrieb. Letzterer wurde nach Talbots-Verfahren kontinuierlich betrieben. Auch hierbei kamen die Giefsgruben in Wegfall und wurden durch den direkten Wagengufs ersetzt. Direktor Wood von Sparrow Point wirkte hierfür bahnbrechend[2]).

Bei dem Walzwerksbetrieb erzielte das kontinuierliche Walzwerk für Handelseisen von Morgan zu Mingo-Junction gute Erfolge[3]). Aufserordentliche Steigerungen erfuhren die Leistungen der Walzwerke durch die mechanische Bedienung, den sogenannten automatischen Betrieb und durch die Vervollkommnung der Antriebs- und Arbeitsmaschinen. Grofse Fortschritte machte die Drahtfabrikation, wozu die automatischen Schweifsöfen von Alexander Laughlin zu Pittsburgh und die Walzwerke von M. Baackes und Garrett bei-

---

[1]) Stahl und Eisen 1900, S. 357.
[2]) A. a. O.
[3]) A. a. O., S. 210.

Digitized by Google

trugen. Während früher die Vereinigten Staaten grofse Mengen von Draht einführten, haben sie jetzt eine bedeutende Ausfuhr von Walzdraht, gezogenem Draht und Drahtstiften. Ähnlich verhält es sich mit dem Weifsblech. Die Weifsblechfabrikation wurde nur durch den Schutzzoll, den die Mac-Kinley-Bill einführte, ermöglicht und begann erst im Jahre 1891. Anfangs hatte sie mit Schwierigkeiten zu kämpfen, aber seit dem Jahre 1895 entwickelte sie sich rasch. 1895 betrug die Erzeugung 102062 Tonnen, 1897 schon 260711 Tonnen, 1898 332094 Tonnen. Die Einfuhr von Weifsblech, die 1891 noch 327883 Tonnen betragen hatte, war 1898/99 auf 54243 Tonnen gesunken und es ist wahrscheinlich, dafs Amerika jetzt schon mehr Weifsblech ausführt als einführt.

Auf allen Gebieten der Eisenverarbeitung machte die einheimische Industrie der Vereinigten Staaten grofse Fortschritte. So wurden z. B. im Jahre 1898/99 1429 Schiffe mit 320876 Registertonnen Gehalt gebaut. Im Eisenbahn- und Brückenbau marschiert Amerika an der Spitze, ebenso auf vielen Gebieten des Maschinenbaues. Enorm war die Ausfuhr von Nähmaschinen, Fahrrädern und Schreibmaschinen.

Überhaupt hat infolge der grofsartigen Entwickelung der amerikanischen Eisenindustrie der auswärtige Handel in den neunziger Jahren ein ganz verändertes Aussehen erhalten.

Im Jahre 1880 betrug der Wert der Einfuhr von Eisen und Eisenwaren 80 Millionen Dollar, die der Ausfuhr 15 Millionen Dollar; 1890 war das Wertverhältnis von Einfuhr zur Ausfuhr 44540413 Doll. zu 27000134 Dollar; 1893 überstieg der Wert der Ausfuhr bereits den der Einfuhr und in der Periode vom 1. Juli 1897 bis 30. Juni 1898 war der Wert der Einfuhr auf 12626000 Dollar gesunken, der Wert der Ausfuhr aber auf 78017000 Dollar gestiegen. Im Jahre 1898/99 betrug der Wert der Ausfuhr von Eisen und Eisenwaren 106100000 Dollar, der Wert der Einfuhr nur 12098000 Dollar.

Die Fortschritte der amerikanischen Eisenindustrie seit 1870 sind staunenerregend und vielfach ist die junge Industrie der Vereinigten Staaten Vorbild und Lehrerin für Europa geworden. Aber wo Licht ist, ist auch Schatten, so auch hier. Die Konzentration des Kapitals war nötig, um in so kurzer Zeit so Grofses zu leisten. Dies vollzog sich aber nicht stetig dem Bedürfnis entsprechend, sondern oft gewaltsam durch kühne Spekulation sprungweise. Die in Fig. 340, S. 899, dargestellten Schaulinien der Entwickelung der Eisenindustrie von 1871 bis 1899 zeigen dies deutlich. Dazu kam eine Überschätzung der Maschinenarbeit gegenüber der Handarbeit, welche

Digitized by Google

ein Hemmnis für eine richtige Erziehung zur Handfertigkeit bildete. Die Maschinenarbeit prägt der amerikanischen Industrie etwas Schablonenmäfsiges auf und der Geringschätzung der Handarbeit folgte die Geringschätzung der Handarbeiter. Den Amerikanern fehlt der konservativ-historische Sinn, den sich die Eisenindustrie Europas noch erhalten hat. Dieser mag ja zwar manchmal den Fortschritt verzögern, für die socialen Verhältnisse ist er aber von Nutzen. Der rücksichtslos durchgeführte Grundsatz help yourself und die Geringschätzung der Handarbeit verhinderten die Fürsorge für die Arbeiter. Von den segensreichen Schutzgesetzen für die Arbeiter, wie sie Deutschland besitzt, von einem gesetzlichen Schutz in Fällen von Krankheit, Unfall, Alter und Invalidität weifs man in Amerika nichts. Dagegen artete der Wettbewerb namentlich in Zeiten des Niederganges zu einem rücksichtslosen Kampfe aus, wobei der Kapitalstärkere förmlich darauf ausging, den Schwächeren zu vernichten. Bei den Arbeitern aber äufserte sich die Unzufriedenheit in häufigen und oft sehr erbitterten Ausständen. Noch sind die Arbeitslöhne ja höher wie in Europa. Da jedoch die Löhne in Europa in den letzten zwanzig Jahren gestiegen, in Amerika in der Eisenindustrie aber eher zurückgegangen sind, so haben sich die Lohnverhältnisse nicht zu Gunsten der amerikanischen Arbeiter entwickelt.

Zahlengeschichte der Vereinigten Staaten von Nordamerika[1]).

Kohlenförderung in Kilotonnen.

Jahr	Kilotonnen	Jahr	Kilotonnen	Jahr	Kilotonnen
1850	5 776	1875	45 644[2])	1897	181 676
1860	15 203	1889	134 546[3])	1898	199 548
1870	36 035	1896	170 243	1899	234 532

[1]) Die Gewichtsangaben sind meist in Metertonnen (zu 1000 kg), zuweilen auch in Net Ton (zu 907 kg), oder Grofstonnen (zu 1015 kg).

[2]) Hiervon 20 644 Kilotonnen Anthrazit und etwa 1000 Kilotonnen Braunkohlen.

[3]) In demselben Jahre betrug die Steinkohlenförderung in Grofsbritannien 179 747 Kilotonnen, in Deutschland 84 893 Kilotonnen.

Digitized by Google

Kohlenförderung 1896 in den einzelnen Staaten in Kilotonnen (= 1 Mill. kg).

Alabama	5 214	Montana	1 050
Arkansas	806	New Mexiko	594
California	64	North Carolina	13
Colorado	3 163	Dakota	85
Georgia	223	Ohio	11 712
Illinois	17 947	Oregon	82
Indiana	3 690	Pennsylvania	88 976
Indian Territory	1 120	Tennessee	2 416
Iowa	3 732	Texas	530
Kansas	3 093	Utah	456
Kentucky	2 938	Virginia	923
Maryland	3 685	Washington	1 174
Michigan	77	Westvirginia	12 253
Missouri	2 165	Wyoming	2 062

Zusammen 170 243 Kilotonnen.

Entwickelung der Connellsviller Kokserzeugung.

Jahr	Zahl der Koksöfen	Koksversand Tonnen	Preis pro Tonne ab Ofen Dollar
1880	7 211	2 205 946	0,79
1885	10 471	3 096 012	1,22
1890	16 020	6 464 156	1,94
1895	17 947	8 244 438	1,23
1899	19 689	10 129 764	2,00

Eisenerzförderung in Kilotonnen.

1870	3 081	1894	12 070	1897	17 798
1880	7 234	1895	16 213	1898	19 745
1890	16 263	1896	17 542	1899	25 000

Eisenerzförderung in den einzelnen Staaten in Kilotonnen.

	1892	1894	1896
Michigan (Lake Superior)	7907 (Michigan und Wisconsin zusammen)	4419	5812
Wisconsin „ „		347	649
Minnesota „ „	1163	2968	3866
Alabama (Südstaaten)	1259	1493	2199
Pennsylvania (Mittelstaaten)	635	532	900
Virginia (Südstaaten)	147	600	712
Tennessee „	—	293	520
New Jersey (Oststaaten)	469	277	282
New York „	293	—	—
Georgia (Südstaaten)	—	175	272
Colorado (Weststaaten)	—	250	241

Alle anderen Staaten förderten unter 100 Kilotonnen.

Digitized by Google

Eisenerzförderung 1893 nach Sorten.

	Kilotonnen	Prozent
Roter Hämatit	9 327	63,92
Brauner Hämatit	2 758	18,90
Magneteisenstein	2 317	15,88
Spateisenstein	189	1,30
Zusammen	14 591	100,00

Hiervon:

	Roter Hämatit Kilotonnen	Brauner Hämatit Kilotonnen	Magneteisenstein Kilotonnen
Michigan	5445	458	—
Alabama	1525	463	—
Virginia	—	663	—
New York	—	—	783
Pennsylvania	—	—	727

Lake-Superior-Eisenerze in Kilotonnen.

	1892	1897[1]	1899[1]
Verladung von Gogebic	2974	2 258	2 796
„ Marquette	2667	2 715	3 757
„ Menominee	2261	1 937	3 301
„ Vermillire	1168	1 279	1 772
„ Mesabi	4	4 281	6 636
Zusammen	9074	12 470	18 262

Eisenerzeinfuhr in Kilotonnen (Wedding).

1885	426	1895	524
1886	701	1896/97	543
1887	1142	1897/98	353
1889	867		

[1]) Kilo-Grofs-Tons.

Eisenerzeinfuhr 1895 in Kilotonnen.

Von Cuba	367
„ Spanien	78
„ Algier	28
„ Elba	24
„ Griechenland	18
„ British Columbia	1
„ anderen Ländern	8
Zusammen	524

Roheisenerzeugung in Tonnen (zu 1000 kg).

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1810	54 855	1880	3 895 940	1892	9 303 512
1850	573 700	1881	4 209 898	1893	7 238 494
1870	1 691 555	1882	4 696 557	1894	6 763 906
1871	1 733 828	1883	4 668 302	1895	9 597 449
1872	2 589 084	1884	4 162 779	1896	8 761 097
1873	2 601 528	1885	4 108 591	1897	9 807 123
1874	2 439 298	1886	5 774 587	1898	11 962 316
1875	2 055 789	1887	6 518 795	1899	13 838 634
1876	1 898 565	1888	6 491 000	1900	14 009 624
1877	2 099 328	1889	7 724 381	1901	16 132 408
1878	2 337 666	1890	9 349 946		
1879	2 785 284	1891	8 412 348		

Roheisenerzeugung 1871 bis 1899 in Tonnen.

Jahr	mit Anthrazit	mit Holzkohle	mit Koks und Steinkohle	Zusammen	Hochöfen vorhanden	Hochöfen in Betrieb
1871	847 643	349 195	536 990	1 733 828	—	—
1872	1 242 420	454 033	892 631	2 589 084	612	—
1873	1 190 760	523 942	887 027	2 601 729	657	—
1874	1 090 429	522 978	826 079	2 439 486	693	363
1875	823 661	372 797	859 490	2 055 948	713	—
1876	720 738	279 966	898 007	1 898 711	—	293
1877	847 926	288 407	963 258	2 099 391	—	244
1878	991 310	266 134	1 080 411	2 337 855	—	263
1879	1 154 700	325 520	1 305 274	2 785 494	—	257
1880	1 639 666	487 603	1 768 972	3 896 241	697 [1])	384

[1]) 266 für Holzkohlen, 228 für Anthrazit, 203 für Koks und Kohlen.

Digitized by Google

Roheisenerzeugung 1871 bis 1899 in Tonnen.
(Fortsetzung.)

Jahr	mit Anthrazit	mit Holzkohle	mit Koks und Steinkohle	Zusammen	Hochöfen	
					vorhanden	in Betrieb
1881	1 573 278	579 471	2 057 474	4 210 223	—	414
1882	1 852 362	633 050	2 211 507	4 696 919	—	449
1883	1 710 235	518 555	2 439 512	4 668 302	—	466
1884	1 438 912	415 785	2 308 080	4 162 777	—	—
1885	1 319 131	362 658	2 426 800	4 108 589	—	—
1886	1 904 335	418 052	3 452 200	5 774 587	582	—
1887	2 120 929	524 411	3 873 455	6 518 795	—	—
1888	1 719 000	535 000	4 257 000	6 491 000	575	—
1889	1 741 895	584 425	5 398 361	7 724 681	—	340
1890	2 221 216	638 147	6 489 836	9 349 199	—	—
1891	1 894 100	585 618	5 924 350	8 404 068	569	—
1892	1 825 866	546 223	6 931 423	9 303 512	—	246
1893	1 369 090	392 978	5 476 427	7 238 495	—	130
1894	929 379	225 980	5 608 547	6 763 906	—	184
1895	1 291 234	228 946	8 077 269	9 597 449	—	242
1896	1 164 754	315 209	7 281 134	8 761 097	—	196
1897	947 701	259 294	8 600 127	9 807 122	—	—
1898	—	301 498	—	11 962 316	—	212
1899	—	289 322	—	13 615 350	—	—

Roheisenerzeugung 1900 und 1901 in Tonnen.

	1900	1901
Mit Anthrazit und Koks	1 703 881	1 739 927
„ Steinkohlen und Koks	11 915 355	14 002 904
„ Holzkohle	345 312	365 910
„ Holzkohle und Koks	45 322	23 667
Zusammen	14 009 870	16 132 408

In Betrieb befindliche Hochöfen 1880.

	Anzahl der Hochöfen	Produktion pro Woche	Verhältnis der Produktionskraft	Anzahl der in Betrieb stehenden Öfen in Proz.
Holzkohlen	93	9 013	1,000	24,219
Anthrazit	165	35 267	2,135	42,969
Kohle und Koks . . .	126	37 342	3,058	32,812
Zusammen	384	81 222	—	100,000

Roheisenproduktion der einzelnen Staaten in Tonnen.

	1875	1880	1887	1889	1891	1895	1898	1899	1900
Pennsylvania	871 521	2 000 000	3 289 800	3 793 204	3 952 387	4 776 382	5 626 437	6 663 820	6 467 790
Missouri	54 161	—	123 800	78 189	29 229	27 958	50 584	141 102 [1])	161 751 [1])
Ohio	377 277	611 640	871 000	1 102 739	1 035 013	1 487 210	2 018 140	2 416 264	2 510 446
Illinois	46 676	136 593	504 800	545 256	669 202	1 022 188	1 387 752	1 465 084	1 385 197
Alabama	—	69 953	261 400	717 975	795 673	868 342	1 050 215	1 101 247	1 203 286
Virginia	27 196	27 156	156 900	228 027	295 292	352 134	287 806	371 339	498 467
New York	241 707	358 672	264 800	269 960	315 112	184 609	231 659	268 576	297 512
Tennessee	25 678	64 296	235 500	267 307	291 738	252 099	267 654	351 704	367 985
Michigan	104 127	140 093	190 700	194 460	213 145	92 682	150 002	136 594	166 331
Wisconsin	56 360	—	119 200	143 910	197 160	150 774	175 545	206 426 [2])	187 751 [2])
Westvirginia	22 881	63 811	73 500	106 956	86 283	144 239	195 782	190 864	169 426
Maryland	29 919	55 736	33 400	30 703	123 398	11 090	194 030	238 228	294 714
New Jersey	58 131	—	154 100	114 025	92 490	56 390	102 292	129 640	172 986
Kenntucky	43 843	52 253	37 400	38 570	44 844	64 800	102 336	120 923	72 707
Colorado	—	—	22 600	2 428	18 116	59 444	92 682	—	—
Connecticut	9 868	20 487	19 400	21 900	21 811	5 705	6 437	10 291	10 397
Minnesota	—	—	—	—	1 226	—	—	—	—
Georgia	34 278	24 785	36 600	25 009	49 858	31 533	13 982	18 120 [3])	29 448 [3])
Texas	—	—	—	2 627	18 662	4 757	5 261	5 896	10 313
Massachusetts	19 177	—	9 900	7 031	8 990	4 785	3 720	2 516	3 363
Indiana	20 027	11 340	—	8 924	7 729	—	—	—	—
Oregon	907	—	—	8 549	9 295	—	—	—	—
North Carolina	726	—	—	4 716	3 217	328	—	—	—
Maine	1 856	—	—	4 212	—	—	—	—	—
Washington	—	—	—	9 497	—	—	—	—	—
Vermont	2 177	—	—	—	—	—	—	—	—
Utah	136	—	—	—	—	—	—	—	—
Gesamte Produktion [4])	2 055 789	3 895 940	6 518 795	7 724 381	8 412 348	9 597 449	11 962 316	13 838 634	14 009 624

[1]) Missouri und Colorado. — [2]) Wisconsin und Minnesota. — [3]) Georgia und North Carolina. — [4]) Ist nicht die Summe der angegebenen Zahlen, die lückenhaft sind.

Digitized by Google

Roheisenerzeugung nach Brennmaterialien getrennt in Tonnen.

	1875			1892			1898	
	Anthrazit	Koks	Holzkohlen	Anthrazit	Koks	Holzkohlen	Anthrazit Koks	Holzkohlen
Pennsylvania	503 378	336 860	31 283	1 480 932	2 701 063	11 810	5 623 195	3 242
Missouri	—	18 076	36 085	—	28 968	28 052	40 962	48 456 [1])
Ohio	—	321 070	56 207	—	1 202 926	18 987	2 011 687	6 453
Illinois	—	45 134	1 542	—	949 450	—	1 387 752	—
Virginia	6 412	6 820	13 964	—	341 118	—	287 806	—
New York	231 280	—	10 427	228 206	65 851	16 238	224 953	6 706
Tennessee	—	9 342	16 336	—	249 892	50 456	249 876	17 778
Alabama	—	—	—	—	835 840	79 456	1 012 893	37 322
Michigan	—	11 790	92 337	—	—	184 421	—	150 002
Wisconsin	—	33 247	23 113	—	92 835	82 126	136 711	—
Westvirginia	—	21 883	998	—	154 792	—	195 782	—
Maryland	14 366	1 588	13 965	—	89 371	—	191 890	2 140
New Jersey	58 131	—	—	87 975	—	—	102 292	—
Kentucky	—	23 636	20 207	—	58 349	—	102 326	—
Connecticut	—	—	9 868	—	—	17 107	—	6 437
Georgia	—	11 505	22 773	—	—	—	—	13 982
Massachusetts	10 103	—	9 174	—	—	—	—	3 720
Indiana	—	18 485	1 542	—	7 700	—	—	—
Oregon	—	—	907	—	—	—	—	—
North Carolina	—	—	726	—	2 598	—	—	—
Maine	—	—	1 856	—	—	—	—	—
Vermont	—	—	2 177	—	—	—	—	—
Utah	—	—	136	—	—	—	—	—
Colorado	—	—	—	—	32 441	—	92 682	—
Texas	—	—	—	—	—	—	—	5 211
Minnesota	—	—	—	—	14 071	—	—	—
Zusammen	823 670	839 436	365 623	1 797 113	6 822 265	488 653	11 659 807	291 449
	2 048 729			9 108 031			11 951 256	

[1]) Missouri und Wisconsin.

Roheisenerzeugung nach Sorten.

	1897	1898	1899		1900	
	Tonnen	Tonnen	Tonnen	Proz.	Tonnen	Proz.
Giefserei- und Puddeleisen	3 176 242	3 190 836	4 280 534	30,9	4 589 717	32,8
Bessemerroheisen	5 888 313	7 453 982	8 334 022	60,2	8 070 547	57,6
Thomasroheisen	565 292	798 011	1 000 793	7,2	1 089 534	7,8
Spiegeleisen u. Ferromangan	176 474	217 189	223 285	1,7	260 072	1,8
Zusammen	9 806 321	11 660 018	13 838 634		14 009 870	

Spiegeleisen und Ferromangan.

1875	7 104	1885	31 431	1900	260 072
1880	17 781	1890	135 104		

Roheisenerzeugung nach den vier Hauptbezirken.

	1875	1880	1887
Pennsylvania	960 885	2 000 000	3 269 800
Illinois	51 463	136 593	504 800
Ohio	415 893	611 640	871 000
New York	261 431	358 672	264 800

	1890	1898
Pennsylvania	4 945 000	5 643 900
Illinois	785 000	1 387 752
Ohio	1 389 000	2 018 140
Alabama	915 000	1 012 893

Hochofenstatistik.

Zahl der Hochöfen in Betrieb nach dem Brennmaterial.

	1875	1877	1879	1880	1885	1896
Holzkohlen	152	73	79	93	60	79
Anthrazit	130	87	96	165	105	94
Koks	81	84	82	126	111	247
Zusammen	363	244	257	384	276	420

Zahl der vorhandenen Hochöfen.

	1873	1877	1879	1885
Holzkohlen	322	285	259	181
Anthrazit	229	233	226	208
Koks	184	207	205	202
Zusammen	735	725	690	591

d by Google

Leistungsfähigkeit der amerikanischen Hochöfen.

	Hochöfen	Tonnen
1. Juli 1897	145	164 064
1. Oktober 1897	171	200 128
1. Oktober 1898	192	215 635
1. Oktober 1899	265	278 650

Erzeugungskosten einer Tonne Roheisen 1850 bis 1879 in Mark.

Jahr	Mark	Jahr	Mark	Jahr	Mark	Jahr	Mark
1850	59,85	1859	74,47	1867	117,10	1875	132,17
1851	55,86	1860	67,79	1868	117,10	1876	109,91
1852	60,23	1861	70,77	1869	110,46	1877	90,76
1853	62,50	1862	69,76	1870	112,69	1878	71,82
1854	67,20	1863	67,66	1871	128,56	1879	66,07
1855	88,00	1864	68,59	1872	124,53		
1856	63,21	1865	88,07	1873	128,44		
1857	72,41	1866	135,28	1874	136,12		

Erzeugungskosten des Roheisens pro Tonne in Mark.

	1871	1872	1873	1874	1875	1877	1879	1897	
Eisensteine . .	54,43	53,21	57,29	62,46	61,50	40,07	27,34	26,80	[18,59][1]
Brennmaterial .	32,26	36,08	30,57	30,83	33,18	28,52	22,22	6,05 }	[18,19][1] [0,76][1]
Kalkstein . . .	10,12	8,74	8,57	8,27	8,53	4,24	3,28	1,51	[5,54][1]
Arbeitslöhne .	16,34	14,87	19,70	21,42	18,48	10,67	7,81	2,52 }	[5,54][1]
Sonst. Ausgaben	15,41	11,63	12,31	12,64	10,04	7,27	5.42	1,01 }	
Zusammen	128,56	124,53	128,44	135,62	131,73	91,57	66,07	37,89	(45,02)

Erzeugungskosten, Verkaufspreis und Gewinn pro Tonne.

	Mark	Mark	Mark
1890	64,07	68,62 bis 96,57	4,55 bis 32,50
1891	52,79	62,59 „ 68,20	9,80 „ 15,41
1892	54,90	57,46 „ 64,69	2,56 „ 9,79
1893	47,08	46,17 „ 57,29	0,91 „ 10,21
1894	35,75	44,58 „ 54,32	8,83 „ 18,57
1895	39,31	41,58 „ 71,24	2,27 „ 31,38
1896	49,31	45,10 „ 55,06	4,21 „ 5,75
1897	39,06	38,81 „ 46,49	0,25 „ 7,43
1898	40,26	41,84 „ 43,98	1,08 „ 3,72
1899	42,45	45,47 „ 103,25	2,95 „ 60,72
1900	63,45	55,27 „ 103,25	8,18 „ 39,80

[1]) Thomasroheisen nach Fritz Lürmann jun.; Stahl und Eisen 1900, S. 738.

Übersicht der Eisenerzeugung 1870 bis 1895 in Tonnen zu 1000 kg.

(Aus Mineral Resources of the United States by Alb. Williams. — U. S. Geological Survey 1886.)

Jahr	Roheisen	Walzeisen einschl. Nagelblech ausschl. Schienen	Eisenschienen	Stahlschienen	Schienen zusammen	Stahl in Blöcken u. s. w.	Luppen v. Frisch- u. Rennfeuern
1870	1 691 555	539 435	531 502	30 838	562 340	68 025	56 469
1871	1 733 628	643 970	668 897	34 683	703 580	74 374	57 141
1872	2 589 084	854 387	821 678	85 322	907 000	145 217	52 606
1873	2 601 528	976 265	690 283	115 017	805 300	201 945	56 745
1874	2 439 298	1 006 903	530 113	131 464	661 579	219 143	55 935
1875	2 055 789	995 765	454 995	263 813	718 808	395 973	44 663
1876	1 898 589	945 185	423 721	374 102	797 823	541 637	40 478
1877	2 099 328	1 037 806	301 614	391 977	693 591	578 640	42 901
1878	2 337 666	1 118 046	292 861	559 795	852 656	743 571	45 390
1879	2 785 284	1 475 982	381 085	638 653	1 009 738	950 088	56 554
1880	3 895 940	1 667 888	447 842	878 044	1 325 886	1 167 093	67 652
1881	4 209 898	1 954 899	443 143	1 229 455	1 672 598	1 613 373	76 735
1882	4 696 557	2 055 213	206 682	1 325 054	1 531 736	1 764 201	82 792
1883	4 668 302	2 071 515	58 913	1 175 236	1 234 149	1 700 054	67 805
1884	4 162 779	1 752 095	23 173	1 015 197	1 038 370	1 575 433	51 704
1885	4 108 591	1 623 268	13 437	979 016	992 453	1 739 036	37 622

Betriebsvorrichtungen 1882.

Holzkohlenhochöfen	250	
Anthrazithochöfen	225	
Kokshochöfen	210	
Zusammen Hochöfen	685	
Walz- und Stahlwerke	393	
Puddelöfen (einfache)	5018	
Wärmöfen	2598	
Walzenstrafsen	1424	
Bessemerstahlwerke	14	(Konverter 36)
Herdstahlwerke	27	(Martinöfen 51)
Tiegelstahlwerke	35	(Tiegel 3490)
Luppenfeuer	72	(75 000 Tonnen Produktion)

Schweifseisen (Walzeisen) in Tonnen zu 1000 kg.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1865	453 544	1875	995 765	1881	1 954 899	1886	1 912 000
1870	539 435	1876	945 185	1882	2 055 213	1887	2 180 000
1871	643 970	1877	1 037 806	1883	2 071 515	1888	2 014 090
1872	854 387	1878	1 118 046	1884	1 752 097	1889	2 345 500
1873	976 265	1879	1 475 982	1885	1 623 368	1900	2 652 000
1874	1 000 903	1880	1 667 888				

1880: 4319 Puddelöfen, 20 rotierende Öfen, 2105 Schweifsöfen, 118 Frischfeuer. 495 Raffinierfeuer.

d by Google

Erzeugung von Luppen aus Renneisen.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1865	58 027	1875	44 663	1881	76 730
1870	56 469	1876	40 478	1882	82 792
1871	57 141	1877	42 901	1883	67 805
1872	52 606	1878	45 390	1884	51 704
1873	56 745	1879	56 554	1885	37 812
1874	55 935	1880	67 652		

Walzeisenproduktion (Schweifs- und Flufseisen) der einzelnen Staaten in Tonnen 1875.

Maine	8 100	Alabama	54 299
New Hampshire	1 000	Texas	33 961
Vermont	6 240	Westvirginia	13 745
Massachusetts	99 712	Kentucky	237 591
Rhode-Island	9 584	Tennessee	44 073
Connecticut	9 618	Ohio	200 676
New York	181 606	Indiana	3 450
New Jersey	55 249	Illinois	42 840
Pennsylvania	738 830	Michigan	?
Delaware	15 252	Wisconsin	?
Maryland	46 687	Missouri	31 540
Virginia	18 843	Wyoming	7 000
North-Carolina	10 325	Kansas	5 000
Georgia	1 000	California	14 194

Walzwerksprodukte (Schweifseisen und Stahl) von 1871 bis 1891 in Tonnen.

Jahr	Eisen- und Stahl-schienen	Anderes Walz-eisen	Zu-sammen	Jahr	Eisen- und Stahl-schienen	Anderes Walz-eisen	Zu-sammen
1871	703 580	644 000	1 347 580	1883	1 234 148	2 283 920	3 518 068
1872	907 000	854 400	1 761 400	1884	1 038 378	1 931 747	2 970 125
1873	805 300	976 300	1 781 600	1885	989 262	1 789 711	2 778 973
1874	661 577	1 006 910	1 668 487	1886	1 600 000	2 259 943	3 859 943
1875	718 808	996 886	1 715 694	1887	1 723 000	2 565 438	4 288 438
1876	797 947	945 190	1 743 137	1888	1 552 631	3 618 800	5 171 431
1879	1 009 738	1 476 052	2 485 790[1]	1889	1 704 868	4 160 459	5 865 327
1880	1 325 885	1 838 906	3 164 791	1890	2 111 544	4 634 076	6 745 620
1881	1 672 597	2 155 346	3 827 943	1891	1 366 259	4 671 619	6 037 878
1882	1 531 734	2 265 957	3 797 691				

[1]) In 79 Werken, aufserdem in 128 Werken 62 353 Tonnen Frischeisen.

Walzwerksprodukte in Net Tons.

	1875	1882	1888	
			Schweifseisen	Flufseisen
Schienen	718 950	1 688 794	14 252	1 557 892
Geschnittene Nägel	214 410	307 354	108 505	216 174
Platten und Bleche	174 880	412 814	469 312	213 694
Drahtstäbe			14 571	298 770
Andere Walzprodukte (Stab-, Band-, Façoneisen u. s. w.)	606 680	1 545 788	1 805 014	473 247
Zusammen	1 714 920	3 954 750	2 411 654	2 759 777

	1889		1890	
	Schweifseisen	Flufseisen	Schweifseisen	Flufseisen
Schienen	10 258	1 694 610	15 548	2 095 996
Geschnittene Nägel	88 904	201 634	90 307	191 740
Platten und Bleche	471 193	231 283	505 642	401 537
Drahtstäbe	14 460	393 053	19 798	492 153
Andere Walzprodukte (Stab-, Band-, Façoneisen u. s. w.)	2 001 570	658 394	2 189 082	743 817
Zusammen	2 586 385	3 178 974	2 820 377	3 925 243

	1897	1898
Bessemerschienen	1 670 832	2 008 329
Schweifseisenschienen	3 426	4 612
Baueisen	593 131	713 432
Bleche (aufser Nagelblechen)	1 226 603	1 471 474
Walzdraht	986 268	1 098 300
Andere Walzprodukte	2 633 495	3 363 437
Zusammen	7 113 755	8 649 584

Walzdrahterzeugung in Tonnen.

Staaten	1895	1896	1897	1898
New England, New York und New Jersey	115 624	81 009	95 983	109 028
Pennsylvania	282 860	237 086	357 303	424 318
Ohio	213 419	148 670	269 562	273 879
Indiana und Illinois	191 885	167 205	263 420	281 605
Zusammen	803 788	633 970	986 268	1 088 830
Schweifseisen	2 885	2 513	2 051	2 140
Flufseisen (Stahl)	800 903	631 457	984 217	1 086 690

d by Google

Weifsblecherzeugung in M.-Tonnen von 1892 bis 1898.

1892	20 427	1896	167 483
1893	56 056	1897	260 711
1894	75 453	1898	332 094
1895	102 062		

Nägelfabrikation.

	In Fässern		In Tonnen	
	1897	1898	1899	1900
Geschnittene Nägel	2 106 799	1 572 221	86 192	71 369
Drahtnägel	8 997 245	7 418 475	345 736	328 117

Schweifseisen 1871, Selbstkosten.

Roheisen	183,10	Dollar
Baumaterial	35,91	„
Arbeitslohn	77,99	„
Sonstige Kosten	29,49	„
Zusammen	326,49	Dollar

Stahlerzeugung in Millionen Tonnen.

Jahr	Frisch- und Tiegelstahl	Bessemerstahl	Siemens-Martinstahl	Zusammen
1867	0,030	0,002	—	0,032
1871	0,040	0,040	—	0,080
1872	0,045	0,092	0,003	0,140
1873	0,047	0,150	0,004	0,201
1875	0,040	0,342	0,008	0,390
1880	0,070	1,090	0,100	1,260
1885	0,070	1,700	0,150	1,920
1890	0,080	4,120	0,580	4,780

Zum Vergleich.

	1870	1880	1890	1899
Vereinigte Staaten von Nordamerika	0,074	1,260	4,780	10,709
Grofsbritannien	0,287	1,321	3,637	4,933
Deutschland	0,170	0,760	1,614	4,820

Stahlblöcke u. a. Stahl.

Jahr	M.-Tonnen	Jahr	M.-Tonnen	Jahr	M.-Tonnen
1867	13 842	1876	541 637	1883	1 700 054
1870	68 025	1877	578 640	1884	1 575 433
1871	74 374	1878	743 571	1885	1 739 036
1872	145 217	1879	950 088	1890	4 344 820
1873	201 945	1880	1 167 093	1899	10 709 209
1874	219 143	1881	1 613 373		
1875	395 973	1882	1 764 201		

Stahlerzeugung nach Sorten in Net Tons (nach Swank).

	Bessemer-stahl	Herdstahl	Tiegelgußstahl	Andere Stahlsorten	Zusammen
1872	120 108	3 000	29 260	7 740	160 108
1873	170 652	3 500	34 786	13 714	222 652
1874	191 933	7 000	36 328	6 553	241 614
1875	375 517	9 050	39 401	12 607	436 575
1876	525 996	21 490	39 382	10 306	597 174
1877	560 587	25 031	40 430	11 924	637 972
1878	732 226	36 126	42 906	8 656	819 814
1879	928 972	56 290	56 780	5 464	1 047 506
1880	1 203 173	112 953	72 424	8 465	1 397 015
1881	1 539 157	146 946	89 762	3 047	1 778 912
1882	1 696 450	160 542	85 089	3 014	1 945 095
1883	1 645 627	133 479	80 455	5 598	1 874 359
1884	1 540 595	131 617	34 773		1 706 985
1885	1 701 757	149 386	64 511	1 696	1 917 350
1886	2 541 493	245 250	80 609	2 651	2 870 003
1887	3 288 357	360 717	84 421	6 265	3 739 760
1888	2 812 500	352 036	78 713	4 124	3 247 373
1889	3 181 829	419 488	84 969	5 734	3 792 020
1890	413 525	574 820	79 716	4 248	4 790 319
1891	3 299 376	589 029	73 748	5 857	3 968 010
1892	4 235 130	680 607	86 062		5 001 799
1893	3 267 137	749 696	64 631	2 841	4 084 305
1894	3 628 454	797 495	52 529	4 114	4 482 592
1895	4 987 674	1 155 377	68 749	871	6 212 671
1896	3 982 624	1 319 479	61 660		5 363 763
1897	5 562 920	1 637 982	70 596		7 271 498
1898	6 714 761	2 256 020	105 002		9 075 783 (8 970 772 M.-T.)
1899	7 707 735	2 994 472	104 298		11 806 505 (10 709 209 M.-T.)

Stahlverbrauch pro Kopf der Bevölkerung.

1879 . . . . 74,4 Pfund
1889 . . . . 213,2 „
1898 . . . . 276,2 „

d by Google

Bessemerblöcke.

Jahr	Pennsylvania	Illinois	Ohio	Andere Staaten	Zusammen
1882	846 803 (M.-T.)	360 474	331 402		1 538 679
1883	947 267	247 905	305 573		1 500 745
1884	935 555	307 534	154 229		1 397 318
1885	1 005 893	332 559	205 040		1 543 492
1886	1 507 577 (N. T.)	535 602	498 314		2 541 493
1887	1 752 445	857 513	678 399		3 288 357
1888	1 592 629	620 856	599 015		2 812 500
1889	1 973 545	740 001	568 283		3 281 829
1890	2 515 424	848 751	759 360		4 123 535
1891	2 048 330 (M. T.)	605 921	333 666	259 500	3 247 417
1892	2 436 352	894 031	416 413	488 334	4 235 130
1893	2 066 603	319 866	353 711	433 320	3 173 500
1894	2 373 374	500 844	368 617	303 531	3 636 366
1895	3 026 587	880 395	731 473	249 219	4 987 674
1896	2 329 499	792 587	577 631	282 907	3 982 621
1897	3 109 010	958 874	1 058 206	436 830	5 562 920
1898	3 456 690	1 122 720	1 512 941	622 410	6 714 761
1899	4 032 279	1 230 626	1 706 105	738 725	7 707 735
1900	3 544 551	1 133 420	1 410 334	703 421	6 791 726
1901	4 362 134	1 345 404	2 189 324	955 853	8 852 715

Herdflufsstahl (Siemens-Martin-Stahl) in Tonnen.

Staaten	1894	1895	1896	1897
New England	26 623	37 321	48 824	52 224
New York und New Jersey	21 705	32 718	32 634	40 153
Pennsylvania	670 529	918 822	1 025 762	1 315 642
Ohio	55 049	76 847	65 726	79 611
Illinois	23 589	50 292	103 461	122 539
Andere Staaten		39 377	43 072	47 783
Zusammen	797 495	1 155 377	1 319 479	1 657 952

Staaten	1898	1899	1900	1901
New England	48 140	55 038	75 714	173 610
New York und New Jersey	48 724	62 444	68 439	84 313
Pennsylvania	1 846 601	2 432 112	2 742 694	3 652 279
Ohio	81 164	119 337	132 274	187 902
Illinois	175 873	250 122	290 120	404 898
Andere Staaten	55 518	72 419	143 264	227 808
Zusammen	2 256 020	2 991 472	3 452 505	4 730 810

Digitized by Google

Herdflufsstahl (Siemens-Martin-Stahl) in Tonnen.

	1897		1898		1901	
	basisch	sauer	basisch	sauer	basisch	sauer
New England . . .	17 671	34 553	9 617	38 522	88 929	84 681
New York und New Jersey	10 432	29 721	13 332	35 492	47 554	36 759
Pennsylvania . . .	920 337	395 305	1 342 450	504 152	2 885 674	766 606
Ohio	24 564	55 047	44 348	36 816	122 068	65 834
Illinois	100 294	22 244	146 193	29 680	359 049	45 349
Andere Staaten . .	19 602	28 182	28 522	26 996	173 622	54 185
Zusammen	1 092 900	565 052	1 584 462	671 658	3 676 896	1 053 914

Martinstahlgufs in Tonnen.

	1898			1901		
	sauer	basisch	zusammen	sauer	basisch	zusammen
NewYork, NewJersey, Massachusetts, Connecticut	14 892	—	14 892	33 696 [1])	4 053 [1])	37 749 [1])
Pennsylvania	46 443	1 583	48 026	106 305	3 917	110 222
Ohio und Indiana .	19 984	152	20 136	69 987	88 491	158 478
Illinois und andere Staaten	12 486	17 020	29 506			
Zusammen	93 805	18 755	112 560	209 988	96 461	306 449

Erzeugung von Flufsstahlschienen in Net Tons und Durchschnittspreis pro Ton in Dollar.

Jahr	Produktion	Preis	Jahr	Produktion	Preis
1869	9 650	132,25	1886	1 600 000	—
1870	34 000	106,75	1887	1 723 000	—
1871	38 250	102,50	1888	1 552 631	—
1872	95 070	112,00	1889	1 691 264	—
1873	109 015	120,50	1890	2 013 188	31,75
1874	144 954	94,25	1891	1 365 259	—
1875	290 863	68,75	1892	1 482 082	—
1876	412 461	59,25	1893	1 052 934	20,00
1877	432 169	45,50	1894	920 483	14,31
1878	559 795	42,25	1895	1 286 337	17,33
1879	693 113	48,25	1896	1 120 539	20,30
1880	968 075	67,50	1897	1 640 229	18,70
1881	1 355 519	61,12	1898	1 986 714	17,50
1882	1 460 920	48,50	1899	2 276 619	28,00
1883	1 119 578	35,00	1900	2 399 712	40,00
1884	1 015 197	—	1901	2 881 653	34,00
1885	979 016	40,32			

[1]) New England, New York, New Jersey.

Digitized by Google

Erzeugung von Flufsstahlschienen nach Staaten.

Jahr	Pennsylvania	Illinois	Andere Staaten	Zusammen
1885	716 522	308 242	29 843	1 054 607
1886	1 111 171	430 975	221 521	1 763 667
1887	1 276 845	728 526	348 761	2 354 132
1888	930 140	488 639	133 852	1 552 631
1889	1 141 350	522 054	27 860	1 691 264
1890	1 396 460	587 537	29 191	2 013 188
1891	863 149	370 560	25 514	1 259 223
1892	899 822	457 751	124 499	1 482 072
1893	649 663	235 976	167 296	1 052 935
1894	616 576	229 483	67 447	913 506
1895	850 435	329 235	106 668	1 286 338
1896	673 706	446 833		1 120 539
1897	1 040 776	599 453		1 640 229
1898	1 069 615	917 099		1 986 714
1899	1 244 404	1 032 215		2 276 619
1900	1 214 379	1 185 333		2 399 712
1901	1 428 504	1 453 149		2 881 653

Eisenbahnschienen nach Sorten.

Jahr	Flufsstahl		Schweifseisen	Zusammen
	Bessemer-	Siemens-Martin-		
1878	499 210	8 523	392 861	900 594
1879	620 355	8 298	381 085	1 009 738
1880	865 695	12 384	447 842	1 325 921
1881	1 206 583	12 871	443 143	1 662 597
1882	1 304 406	20 647	206 681	1 531 734
1883	1 166 904	8 331	58 913	1 234 148
1884	1 012 775	2 421	23 182	1 038 378
1885	974 668	1 169	13 325	989 162

Roheiseneinfuhr in M.-Tonnen.

Jahr	M.-Tonnen	Jahr	M.-Tonnen	Jahr	M.-Tonnen
1871	222 740	1881	472 006	1891	67 179
1872	268 500	1882	548 261	1892	70 123
1873	140 330	1883	327 488	1893	55 210
1874	55 490	1884	152 250	1894	15 816
1875	76 063	1885	154 384	1895	54 030
1876	75 284	1886	265 599	1896	22 159
1877	60 602	1887	425 101	1897	25 640
1878	67 502	1888	203 409	1898	27 042
1879	308 734	1889	146 681	1899	27 958
1880	711 377	1890	134 955	1900	54 000

Digitized by Google

Roheisenausfuhr 1871 bis 1900.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1871	2 110	1879	1 281	1896	62 071
1872	1 340	1891	14 946	1897	262 686
1873	9 160	1892	15 427	1898	253 367
1874	14 550	1894	24 482	1899	232 298
1875	7 920	1895	26 164	1900	287 000

Roheisenausfuhr 1897 nach Bestimmungsländern.

Nach Österreich-Ungarn	11 513	Tonnen
„ Belgien	22 153	„
„ Deutschland	41 767	„
„ den Niederlanden	21 460	„
„ Grofsbritannien	93 151	„
„ Italien	32 200	„
„ Kanada	18 822	„
„ den übrigen Ländern	21 620	„
Zusammen	262 686	Tonnen

Roheisenverbrauch in M.-Tonnen.

	1871	1872	1873	1874	1875	1879	1900
Erzeugung . .	1 734 180	2 589 610	2 602 070	2 439 790	2 056 210	2 785 284	14 010 000
Einfuhr . . .	222 740	268 500	140 330	53 490	60 280	340 672	54 000
Zusammen	1 956 920	2 858 110	2 742 400	2 493 280	2 116 490	3 125 956	14 064 000
Ausfuhr . . .	2 110	1 340	9 160	14 550	7 920	1 281	287 000
Verbrauch . .	1 954 810	2 856 770	2 733 240	2 478 730	2 108 570	3 124 675	13 777 000

1887	6 707 770	1891	8 257 704	1895	9 782 640
1888	6 589 852	1892	9 181 024	1900	13 777 000
1889	7 653 793	1893	6 802 650	(pro Kopf der Bevölkerung 172 kg)	
1890	8 827 261	1894	6 619 606		

	1890	1891	1892
Einheimisches	9 202 703	8 279 870	9 157 000
Fremdes	134 955	67 179	70 123
Vorrat am 1. Januar	283 878	661 858	627 235
Zusammen	9 621 536	9 008 907	9 856 358
Vorrat am 31. Dezember	661 857	627 233	535 616
Verbrauch	8 959 679	8 381 674	9 318 742

	1898	1899
Einheimisches	11 962 316	13 838 634
Einfuhr	27 042	27 958
Zusammen	11 989 358	13 866 592
Ausfuhr	253 367	232 298
Verbrauch	11 735 991	13 634 294

Ein- und Ausfuhr von Eisen und Eisenwaren 1899 und 1900.

Einfuhr in Tonnen zu 1000 kg.

	1899	1900
Eisenerze	685 867	893 908
Roheisen	41 039	53 404
Schrott	11 100	34 982
Stabeisen	22 470	22 400
Eisenbahnmaterial	2 168	1 471
Bandeisen	674	168
Stahlhalbzeug	12 800	12 910
Bleche und Platten	7 151	5 225
Weifsblech	59 803	61 342
Walzdraht	18 249	21 366
Draht und Drahtfabrikate	2 401	1 872
Ambosse	243	227
Ketten	190	264
ferner nach Wert in Dollar:		
Messerwaren	1 408 811	1 577 589
Feilen und Raspeln	47 624	70 283
Feuerwaffen	798 742	846 274
Maschinen	2 185 566	3 916 458
Nadeln	366 412	369 365
Munition	158 734	207 706
Sonstige Eisenwaren	1 456 407	1 686 183
Zusammen	6 422 296	8 673 858

Ausfuhr in Tonnen zu 1000 kg.

	1899	1900
Eisenerze	41 341	52 283
Ferromangan	13	32
Roheisen	232 298	291 372
Schrott	77 858	48 040
Stabeisen	11 071	13 495
Walzdraht	17 281	10 821
Sonstiges Walzeisen	30 910	82 655
Blöcke, Knüppel u. s. w.	26 015	109 196
Bandeisen	2 914	3 074
Eisenschienen	6 545	5 460
Stahlschienen	275 612	361 945
Eisenblech	6 295	9 459
Stahlblech	51 388	46 275
Weifsblech	135	277
Baueisen	55 112	68 797
Gezogener Draht	118 159	79 250
Geschnittene Nägel	10 134	11 339
Drahtstifte	34 042	27 839
Sonstige Nägel und Stifte	2 109	1 836
ferner nach Wert in Dollar:		
Eisenfabrikate und Maschinen	94 704 325	109 089 689

Erzeugung, Einfuhr, Ausfuhr und Verbrauch von Roh- und Walzeisen in Tonnen.

	1871		1872		1873	
	Roheisen	Walzeisen	Roheisen	Walzeisen	Roheisen	Walzeisen
Erzeugung	1 734 180	644 100	2 589 610	858 560	2 602 070	976 460
Einfuhr	222 740	134 290	268 500	102 320	140 330	74 090
Zusammen	1 956 920	778 390	2 858 110	960 880	2 742 400	1 050 550
Ausfuhr	2 110	210	1 340	480	9 160	480
Verbrauch	1 954 810	778 180	2 856 770	960 400	2 733 240	1 050 070

	1874		1875	
	Roheisen	Walzeisen	Roheisen	Walzeisen
Erzeugung	2 439 790	1 007 110	2 056 210	996 130
Einfuhr	55 490	31 830	60 280	25 830
Zusammen	2 495 280	1 038 940	2 116 490	1 021 960
Ausfuhr	14 550	4 470	7 920	8 790
Verbrauch	2 480 730	1 034 470	2 108 570	1 013 170

Erzeugung, Einfuhr und Verbrauch von Eisenbahnschienen in Tonnen.

Jahr	Erzeugung		Einfuhr		Verbrauch	Länge der Eisenbahnen
	Eisen	Stahl	Eisen	Stahl		Kilometer
1867	416 908	2 312	147 910	—	567 130	—
1871	669 047	34 683	467 200	45 990	1 216 920	97 379
1872	811 858	85 322	345 700	135 880	1 388 760	106 553
1873	690 283	115 017	92 160	144 760	1 041 220	113 130
1874	530 254	131 464	7 070	91 160	759 940	116 839
1875	455 137	263 813	1 760	14 800	735 510	119 666
1876	423 787	374 160	—	12 823	810 770	124 040
1877	301 660	392 038	—	6 302	700 000	127 445
1878	322 890	550 389	—	—	852 656	131 682
1879	381 085	638 653	1 000	20 000	1 040 738	136 788
1880	447 842	878 044	120 000	140 000	1 585 886	146 655
1881	443 143	1 229 455	110 000	220 000	2 002 590	164 035
1882	206 683	1 325 054	40 090	170 000	1 739 757	182 344
1883	58 913	1 175 236	—	4 000	1 234 000	192 433
1884	23 173	1 015 197	—	1 000	1 039 370	201 735
1885	13 437	979 016	—	7 000	999 453	207 508
1886	—	1 600 000	—	40 000	1 640 000	222 021

d by Google

Anteil der Stahlschienen auf amerikanischen Bahnen von 1880 bis 1890 in Prozenten.

1880	29,1	1886	62,9
1881	37,5	1887	67,7
1882	47,3	1888	73,3
1883	52,7	1889	75,0
1884	57,6	1890	80,4
1885	61,0		

Walzeisen aufser Schienen in Tonnen.

Jahr	Erzeugung	Einfuhr	Zusammen	Ausfuhr	Verbrauch
1871	644 100	134 290	778 390	210	778 180
1872	854 560	102 320	956 880	480	956 400
1873	967 460	74 090	1 041 550	480	1 041 070
1874	1 007 110	31 830	1 038 940	4470	1 034 470
1875	996 130	25 830	1 021 960	8760	1 013 200

Ein- und Ausfuhr nach Wert in Dollar.

Jahr	Einfuhr	Ausfuhr	Jahr	Einfuhr	Ausfuhr
1871	57 866 299	14 185 359	1892	33 882 447	27 900 862
		(A.-E. = — 43 680 940)	1893	29 656 539	30 159 563
1875	27 363 101	17 976 833	1894	20 843 579	29 943 729
1880	80 443 362	15 156 703	1895	25 772 136	35 062 838
1885	31 144 552	16 622 511			(A.-E. = + 9 270 702)
1890	44 540 413	27 000 134	1896/97	16 095 000	62 978 000
1891	41 983 626	30 736 507	1897/98	12 626 000	78 017 000

Ein- und Ausfuhr 1897/98 in 1000 Dollar.

Einfuhr:

Eisenerz	470
Roh- und Alteisen	691
Stabeisen	686
Stahlblöcke	1202
Platten und Bleche	183
Weifsblech	3809
Draht und Drahtseile	349
Walzdraht	845
Fabrikate	4781
Maschinen	897

Ausfuhr:

Roheisen	2730
Stabeisen	181
Stahlblöcke	290
Eisenbahnschienen	4650
Draht	2593
Gufswaren	1188
Blech	538
Eisenkonstruktionen	1128
Eisenwaren	18180
Maschinen	31196

Aus- und Einfuhr seit 1890 in Millionen Dollar.

Jahr	Ausfuhr von Eisen und Eisenwaren	Einfuhr von Eisen und Eisenwaren
1890/91	32,1	53,5
1891/92	32,6	28,9
1892/93	34,8	34,9
1893/94	34,2	21,3
1894/95	37,4	23,0
1895/96	46,3	25,3
1896/97	62,7	16,1
1897/98	78,0	12,6
1898/99	106,1	12,1
1899/1900	121,9	20,5

Ausfuhr nach Ländern in 1000 Dollar.

	1897/98	1898/99		1897/98	1898/99
England	1852	868	Argentinien	90	239
Deutschland	1724	1117	Australien	309	255
Frankreich	483	479	Afrika	197	201
Übriges Europa	950	1366	Britisch-Ostindien	90	142
Britisch-Nordamerika	614	583	Japan	89	118
Brasilien	98	55			

Detaillierte Ein- und Ausfuhr von Stahl und Eisen s. Stahl u. Eisen 1898, S. 963.

Durchschnittspreise der Stahlschienen pro Net Ton in Dollar.

Jahr	Dollar	Jahr	Dollar	Jahr	Dollar
1869	132,25	1875	68,75	1881	61,12
1870	106,75	1876	59,25	1882	48,50
1871	102,50	1877	45,50	1883	35,00
1872	112,00	1878	42,25	1897	16 bis 18
1873	120,50	1879	48,25	1899	18 „ 35
1874	94,25	1880	67,50		

Preise 1899.

Gießereiroheisen ab Philadelphia	23,25	Dollar
„ „ Cincinnati	20,75	„
Bessemerroheisen ab Pittsburgh	24,90	„
Graues Puddelroheisen ab Pittsburgh	21 25	„
Stahlknüppel ab Pittsburgh	34,00	„
Walzdraht ab Pittsburgh	36,00	„
Schwere Stahlschienen ab Werk im Osten	35,00	„
Hochofenkoks ab Connellsville	2,75 bis 3,00	„

Digitized by Google

Preise pro Ton loco Pittsburgh in Dollar und in Mark.

(Stahl und Eisen 1897, S. 953.)

Jahr	Bessemerroheisen		Stahlknüppel	
	Dollar	Mark	Dollar	Mark
1889	24,50	102,90	37,25	146,25
1890	16,50	69,30	26.00	109,20
1891	15,75	66,15	24,50	102,90
1892	13,75	57,75	22,50	94,50
1893	11,00	46,60	16,75	70,35
1894	10,24 bis 15,59	43,01 bis 65,48	15,34 bis 18,69	64,43 bis 78,81
1895	9,97 „ 17,55	41,87 „ 73,71	14,81 „ 24,89	62,20 „ 104,54
1896	11,00 „ 13,25	46,20 „ 55,65	15,50 „ 20,25	65,10 „ 85,05
1897	9,00 „ 10,75	38,85 „ 45,15	13,75 „ 16,50	57,75 „ 69,30

Gestehungskosten von Bessemerroheisen zu Pittsburgh 1897 pro Ton.

1,6 Tonnen Erz	4,00 Dollar
Koks	1,50 „
Kalkstein	0,50 „
Löhne	0,75 „
Generalunkosten	0,50 „
Zusammen	7,25 Dollar.

Eisenverbrauch in Kilotonnen (nach Dr. Rentzsch).

	1890	1895
Einwohnerzahl in Millionen	63,5	70,5
1. Hochofenproduktion	9 348	9 597
2. Einfuhr:		
a) Roheisen, Brucheisen	184	53
b) Materialeisen, Eisen- und Stahlwaren, Maschinen	525	425
Zuschlag zur Umrechnung auf Roheisen 33⅓ Prozent	175	142
Zusammen Einfuhr	884	620
Insgesamt Produktion und Einfuhr	10 232	10 217
3. Ausfuhr:		
a) Roheisen, Brucheisen	19	26
b) Materialeisen, Eisen- und Stahlwaren, Maschinen	46	561
Zuschlag zur Umrechnung 33⅓ Prozent	16	187
Zusammen Ausfuhr	81	774
Einheimischer Verbrauch (1 + 2 — 3)	10 151	9 443
Pro Kopf Kilo	159,8	134,9
Eigene Produktion pro Kopf Kilo	147,2	137,1

Ein- und Ausfuhr in 1000 Mark.

	Einfuhr		Ausfuhr	
	1899	1900	1899	1900
Eisen- und Eisenwaren . .	52 928	70 183	228 337	263 349
Maschinen, Fahrzeuge, Instrumente	9 181	8 086	232 159	270 128

Ein- und Ausfuhr in Kilotonnen.

	Einfuhr		Ausfuhr	
	1899	1900	1899	1900
Eisenerze	688,0	904,0	—	—
Roheisen	41,0	53,0	230,0	288,0
Eisen- und Stahlfabrikate .	146,0	137,0	694,0	851,0
Maschinen in Mill. Mark .	9,7	16,9	185,2	223,6

Ein- und Ausfuhr im prozentualen Verhältnis zur Produktion.

	1899	1900
Roheisen:		
Produktion in 1000 Tonnen	13 839	14 010
Einfuhr in Prozenten der Produktion . . .	0,3	0,4
Ausfuhr in Prozenten der Produktion . . .	1,7	2,1
Eisen- und Stahlfabrikate:		
Produktion in 1000 Tonnen	10 523	10 240
Einfuhr in Prozenten der Produktion . . .	1,4	1,3
Ausfuhr in Prozenten der Produktion . . .	6,6	8,3

Roheisenverbrauch und -erzeugung 1899 und 1900.

	1899	1900
Roheisenverbrauch in Kilotonnen	—	12 775
„ pro Kopf Kilo	186,6	159,7
Roheisenerzeugung „ „ „	184,5	175,1

Digitized by Google

Die übrigen Staaten Amerikas.

Die Eisenindustrie der übrigen Länder Amerikas ist im Vergleich mit den Vereinigten Staaten noch wenig entwickelt. Dies hat zum Teil seinen Grund in der grofsen Leistungsfähigkeit letzterer, die ihre Erzeugnisse billig anbieten können, hauptsächlich aber darin, dafs diese Länder noch von dem Überschufs ihrer Naturprodukte leben und diese exportieren, weshalb eine Notwendigkeit, Werte durch Arbeit zu erzeugen, also für eine industrielle Thätigkeit, kaum vorliegt. An den Vorbedingungen für die Eisenindustrie, besonders an Eisenerzen, fehlt es diesen Ländern durchaus nicht.

Kanada (richtiger the Dominion of Canada) besitzt reiche Ablagerungen von Eisen und Steinkohlen, letztere in Neu Schottland, erstere in den St. Lorenzbergen. Im Gneis der St. Lorenzschichten finden sich mächtige Lager von Magneteisenstein, während entlang dem St. Lorenzstrom in den St. Lorenzbergen Raseneisensteine in Menge gefunden werden.

Die Ausbeutung dieser Erzlager ist noch nicht bedeutend. Zwei Holzkohlenhochöfen, die 1828 zu Stellarton und 1831 zu Clemensport errichtet worden waren, konnten sich nicht halten. 1892 gab es nur ein gröfseres Bergwerk auf Magneteisenstein zu Bristol bei Quebeck. Dasselbe hatte einen einzigen Schacht von 200 Fufs, aus dem es 150 Tonnen den Tag fördern konnte; ferner besafs es zwei grofse Gasröstöfen. Das Erz enthielt über 63 Prozent Eisen.

Bei weitem der gröfste Teil des Eisenbedarfs wurde damals noch eingeführt. Roheisen kam zumeist aus den Vereinigten Staaten und wurde in inländischen Giefsereien zu Gufswaren verschmolzen. Eisenbahnschienen bezog man aus Grofsbritannien; Deutschland lieferte Radreifen, eiserne Röhren, Draht, emaillierte Waren, Kleineisenzeug und Messerwaren.

1893 betrug der Roheisenverbrauch von Britisch-Amerika 116541 Tonnen, wovon 46,2 Prozent im Lande erzeugt wurden, während 53,8 Prozent eingeführt wurden. Von dem einheimischen Roheisen waren 7920 Tonnen von der Canada Iron Furnace Company in Radnor Forge bei Quebeck mit Holzkohlen erblasen. Koksroheisen wurde von der Londonderry Iron Company und der New Glasgow Iron Coal and Railway Company, beide in Neu Schottland, hergestellt.

Digitized by Google

Dafs die Regierung der Industrie immer mehr Beachtung schenkte, geht unter anderem auch daraus hervor, dafs sie Anfang 1894 ein verbessertes Patentgesetz erliefs.

Die Roheisenerzeugung betrug 1894 45 508 Tonnen, 1895 38434 Tonnen, 1896 60 990 Tonnen. Etwa ein Zehntel der Produktion von 1896 war mit Holzkohlen, neun Zehntel mit Koks erblasen. Es gab damals acht Hochöfen, wovon aber nur zwei in regelmäfsigem Betriebe waren. Ein Teil des Roheisens wurde in Siemens-Martin-Öfen in Flufsstahl umgewandelt. 1895 wurden 17 000 Tonnen Blöcke in Öfen mit saurem Herdfutter erzeugt, 1896 16 000 Tonnen teils mit saurem, teils mit basischem Futter. Es wurden 6100 Tonnen Eisenbahnschienen und 4612 Tonnen Konstruktionsteile aus Martinstahl gewalzt. Die Walzwerke verarbeiteten aufserdem noch importiertes Eisen, was daraus hervorgeht, dafs ihre Produktion 1896 76 244 Tonnen betrug. Ende 1896 gab es bereits 16 Stahl- und Walzwerke. Ein neues Werk war zu Bridgeville projektiert. Die Steinkohlenförderung stieg von 1895 bis 1898 von 3 513 500 Tonnen auf 4 172 655 Tonnen. Eisenerze wurden 1899 69 982 Tonnen gefördert. 1898 gab es in Kanada acht Hochöfen, ein neunter war im Bau, die Produktion blieb aber noch unter 100 000 Tonnen.

Die Zunahme der Roheisenerzeugung von 1880 bis 1901 betrug in Kilotonnen:

1880	23 100	1898	76 400
1890	25 800	1899	101 200
1895	32 000	1900	87 467
1896	60 990	1901	248 896[1]
1897	54 657		

Der Roheisenverbrauch pro Kopf betrug 1900 42 kg.

Die Einfuhr von Eisen und Eisenwaren war sehr bedeutend. Die Nova Scotia-Stahlgesellschaft erzeugte 1899 in drei grofsen Herdöfen 20 680 Tonnen Flufsstahl[2]).

Am 1. Juni 1900 hat die Hamilton Steel and Iron Company bei Ontario ein Stahlwerk[3]) neuester Konstruktion in Betrieb gesetzt. Die kippbaren Martinöfen sind mit Vorherd und elektrisch betriebener Chargiermaschine versehen. Ein elektrischer Laufkran bewegt Giefspfanne, Blöcke und Coquillen.

Eine grofsartige Anlage hatte die Dominion-Eisen- und Stahl-

[1]) Hiervon 232 555 Tonnen mit Koks, 16 341 Tonnen mit Holzkohle.
[2]) Siehe Stahl und Eisen 1901, S. 387.
[3]) Daselbst S. 881.

Digitized by Google

gesellschaft[1]) zu Sydney am Eingang des St. Lorenzgolfs 1899 zu errichten begonnen. Die Erze kommen von der Wabanagrube auf der Insel Great-Bell. Steinkohlen finden sich in der Nähe. Das Werk soll 4 Hochöfen, 10 kippbare 50-Tonnen-Martinöfen, eine 889 mm-Blockwalze, 400 Otto-Hoffmann-Koksöfen, eine Eisengießerei und andere Werkstätten umfassen.

Während früher England den Hauptteil der Einfuhr lieferte, haben seit einigen Jahren die Vereinigten Staaten England überflügelt. An der Einfuhr von 1898 waren die Vereinigten Staaten mit 50, England mit 35 und Deutschland mit 15 Prozent beteiligt.

Die Einfuhr betrug dem Werte nach in Dollar:

	1890/91	1892/93	1894/95	1895/96	1896/97
Eisen und Stahl	3 838 519	3 086 346	1 843 826	2 488 860	4 732 407
Eisen- und Stahlwaren . . .	9 987 973	10 113 177	7 405 923	8 462 747	10 406 808
Maschinen	—	—	2 078 654	2 221 444	—
Fahrräder	—	—	—	883 969	973 217

	1898	1899
Bandeisen und Bleche	1 765 389	2 109 288
Stabeisen, Eisenbahnmaterial	463 632	605 507
Messer, Kleineisenzeug, Werkzeuge . . .	2 427 450	3 329 105
Maschinen (einschl. Lokomotiven) . . .	2 857 939	3 536 435
Roheisen, Ballast- und Abfalleisen . . .	950 474	803 447
Gufswaren	202 383	262 160
Röhren	563 645	853 644
Sonstige Eisen- und Stahlwaren	3 264 247	3 798 348

Ein- und Ausfuhr in 1000 Mark.

	Einfuhr		Ausfuhr	
	1899	1900	1899	1900
Eisen und Eisenwaren	72 004	80 301	214	1028
Maschinen, Fahrzeuge, Instrumente . .	14 841	14 101	3020	3221

In neuester Zeit steht eine grofse Umwandlung in der kanadischen Eisenindustrie dadurch in Aussicht, dafs es H. M. Whiney in Boston gelungen ist, eine grofse Aktiengesellschaft, die Dominion Coal and

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1901, S. 55.

Digitized by Google

Steel Company mit einem Kapital von 80 Millionen Dollar zu gründen, welche die Anlage eines grofsen Hütten- und Stahlwerkes mit vier Hochöfen von täglich je 250 Tonnen und eines Stahlwerkes von täglich 800 Tonnen Erzeugung beabsichtigt. Die Gesellschaft besitzt sieben Steinkohlengruben von 3 Millionen Tonnen Förderung und ein grofsartiges Hämatitlager auf Bell-Island. Der Aufschwung ist bereits durch die Roheisenerzeugung von 1901 illustriert.

Mexiko befindet sich in ähnlicher Lage wie Kanada; es ist sehr reich an guten Eisenerzen und reich an Steinkohlen, aber die einheimische Eisenindustrie ist noch so wenig entwickelt, dafs es doch noch den gröfsten Teil seines Bedarfes einführen mufs. Ein Eisenerzberg von seltenem Umfang ist der „Cerro del Mercado“ bei Durango[1]), aus Eisenglanz von 54 Prozent Eisengehalt bestehend, welcher der Durango Steel and Iron Company von Des Moines in Iowa gehört. Dieses Erzgebirge ist 1,6 km lang, 500 m breit und 120 bis 180 m hoch. Birkinbine hat die Lagerungsverhältnisse zuerst klargelegt und auf die Grofsartigkeit des Erzvorkommens hingewiesen. Die Kohlenfelder von Cohahuila sind durch die Eisenbahn vom Eaglepafs in Texas nach der Sierra Mercado mit dem Eisenberg von Durango verbunden.

Andere reiche Eisenerzlager befinden sich im Gebiete von Monclova und in der Sierra Carissal. Bei Tula in Südmexiko wurden früher Katalanschmieden betrieben. An der Küste von Coynka ist der Cerro Yman ein 300 Fufs hoher, eine halbe Meile langer Berg, der zum dritten Teil aus reinem Magneteisenstein besteht. In Guerrero und Oaxaca finden sich neben reichen Erzfeldern ausgedehnte Kohlenlager.

Es werden Eisenerze nach Texas und Alabama ausgeführt.

Die Einfuhr von Eisen ist bedeutend und hat in den letzten 30 Jahren sehr zugenommen. 1871 belief sich der Wert der eingeführten Eisenfabrikate auf 6 Mill. Mark, 1891/92 auf 70 Mill. Mark. Die Länge der Eisenbahnen betrug 1880 1055 km, 1892 10 558 km.

Es betrug dem Werte nach in Mark:

	die Einfuhr	der Zoll	die Einfuhr aus den Vereinigten Staaten
1871 bis 1873	7 427 519	2 769 881	821 507
1874 bis 1875	6 664 761	3 061 837	1 047 165

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1893, S. 554.

Digitized by Google

Der Wert der Einfuhr betrug in Dollar (zu 4,20 Mark):

	1888/89	1892/93	1894/95	1896/97	1897/98
Eisen- und Stahlwaren . . .	1 510 130	3 071 824	2 712 681	4 440 092	4 890 221
Maschinen und Apparate . .	539 582	4 252 903	3 732 399	4 560 852	5 384 224

Im Mai 1900 hat sich eine Gesellschaft (Compania Funditora de Fierro y Acero de Monterey) gebildet, die bei Monterey eine Eisenhütte und ein Stahlwerk anzulegen beabsichtigt [1].

Kuba ist für die Eisenindustrie von Bedeutung durch seinen Reichtum an guten Eisenerzen [2], die fast ausschliefslich in den Vereinigten Staaten verschmolzen werden. Die wichtigsten Eisenerzlager befinden sich 3 bis 5 Meilen von St. Jago de Cuba im Maestragebirge. Ihre Ausbeutung begann erst Anfang der achtziger Jahre. 1881 erwarb Don José Ruiz de Leon eine Konzession und eröffnete die Lolagrube. Hierauf erschlofs Don Francisco Batley Gene die berühmte Jaraguagrube, die Anfang der neunziger Jahre in den Besitz der Bethlehem- und der Pennsylvanischen Eisen- und Stahlgesellschaften überging. Seit 1883 begann der energische Abbau der Erze, nachdem man deren Wert für Bessemerroheisen erkannt hatte. 1884 fing die Verschiffung nach Philadelphia an. Seitdem sind noch viele Gruben eröffnet worden, die nach und nach von Amerikanern angekauft wurden. Die kubanischen Erze haben für die Eisenhütten im Südosten der Vereinigten Staaten dieselbe Bedeutung wie die Bilbaoerze für England und Deutschland. Im Jahre 1892 gab es drei grofse Bergwerksgesellschaften zur Gewinnung der Eisenerze in Kuba: die Jaraguagesellschaft, die spanisch-amerikanische Gesellschaft und die Sigua-Grubengesellschaft. Die Jaraguagrube konnte damals 50000 bis 60000 Tonnen im Monat fördern. Die Dulithgrube war die wichtigste der Siguagruben, deren Ausbeutung die Gründung einer neuen Stadt Chalia veranlafst hatte.

Die Erzausfuhr Kubas betrug in Tonnen:

1884	20 011	1890	356 985
1885	79 920	1893	340 406 [3]
1886	112 755	1896	405 671
1888	204 425	1897	452 559 [4]
1889	304 406		

[1] Siehe Stahl und Eisen 1902, S. 116 und 404.
[2] Dr. H. Wedding, Die Eisenerze der Insel Kuba, in Stahl u. Eisen 1892, S. 545.
[3] Aufserdem 13 349 Tonnen Manganerze.
[4] Hiervon entfielen auf die Jaraguagrube 246 530 Tonnen.

Digitized by Google

Nachdem die Vereinigten Staaten 1899 Kuba besetzt hatten, wurde der Zoll auf Eisenerze herabgesetzt und wird die Förderung der kubanischen Eisensteinbergwerke sich voraussichtlich in der Zukunft noch steigern.

Die Republik Kolumbia besitzt Steinkohlen und Eisenerze. Das Hüttenwerk Ferreria de la Praderia, 8 Meilen von Bogotá entfernt, hat einen Kokshochofen von 30 bis 40 Tonnen täglicher Leistungsfähigkeit, mehrere Puddelöfen, Hammer- und Walzwerke. Der Bau eines Stahlwerkes ist beabsichtigt.

Brasilien ist reich an Eisenerzen, aber arm an Steinkohlen. Die wenig umfangreiche Verhüttung der Erze geschieht mit Holzkohlen. Auf der Weltausstellung in Wien im Jahre 1873 hatte Joaquim de Souza Mursa Eisenprodukte ausgestellt. Er verhüttete zu São João de Ipateva Magneteisenstein mit Kalk in einem Holzkohlenhochofen, das Roheisen wurde in Herden gefrischt, die Luppen zerschroten und zu Stäben ausgeschmiedet.

Eine ausführlichere Mitteilung über die Eisenindustrie Brasiliens aus dem Jahre 1893 [1]) verdanken wir Paul Ferrand, Professor an der brasilianischen Bergakademie zu Ouro-Preto, der wir folgende Notizen entnehmen.

Die wichtigsten Eisenerzlagerstätten finden sich in den Provinzen Minas Geraes, Espiritu Santo, Sao Paulo, Santa Catharina, Rio grande do Sul, Goyaz und Matto Grosso. Die Eisenindustrie ist besonders in den Staaten Minas und São Paulo vertreten. Neben den kleinen Stücköfen (cadinhos), von denen je vier bis sechs in einem gemeinsamen Mauerwerk vereinigt sind, und den kleinen katalanischen Feuern giebt es auch zwei Hochofenanlagen, beide für Holzkohlenbetrieb eingerichtet. Die eine davon ist Eigentum der Provinz Sao Paulo und wurde im Jahre 1810 in Ipateva errichtet. Sie besitzt zwei alte Öfen von 8 m Höhe, von denen abwechselnd einer in Betrieb ist, und einen neuen Ofen von 12 m Höhe, der indessen noch nicht angeblasen war. Zur Verhüttung gelangte ein Magnetit, dessen Analyse 67 Prozent metallisches Eisen, dabei aber eine gewisse Menge Titan und Phosphor aufweist. Das Eisen wird mit kaltem Wind erblasen, und der Brennmaterialaufwand ist sehr beträchtlich. Die Weiterverarbeitung des Roheisens erfolgt in zwei Feuern, die im Tage

---

[1]) Im Septemberheft der Revue universelle des Mines von 1893; Stahl und Eisen 1894, S. 370.

Digitized by Google

etwa 1 Tonne Eisen liefern, das auf Feineisen verwalzt wird. Aufserdem ist eine Giefserei und ein Cementierungsofen vorhanden. Die Jahreserzeugung betrug 750 Tonnen Gufs- und 300 Tonnen Schmiedeeisen. Die Verkaufspreise stellten sich für die Tonne: Roheisen 112 Mark, Gufswaren 480 Mark, Schmiedeeisen 344 Mark.

Die zweite Anlage, die Hütte „Esperança“, liegt im Staate Minas in der Nähe von Etabira do Campo. Sie wurde 1888 gegründet und war 1892 im Besitz der „Compania national de Forjas e Estaleiros“. Der 9 m hohe Holzkohlenhochofen liefert in 24 Stunden 5 bis 6 Tonnen Roheisen. Man arbeitet mit schwach erwärmtem Winde (kaum 200°) und erzeugt etwa 2000 Tonnen Roheisen im Jahre. Die Verkaufspreise waren hier etwas niedriger.

Im Bau begriffen war aufserdem eine neue Anlage, etwa 500 km von Rio de Janeiro entfernt und gleichfalls an der Centralbahn gelegen. Man beabsichtigte, dort einen kleinen Hochofen zur Verarbeitung eines manganhaltigen Eisenerzes zu errichten.

Aufser den genannten Hütten gab es in Rio und dessen Umgebung mehrere kleinere Anlagen, die sich mit der Weiterverarbeitung des Roheisens befafsten.

Die Eiseneinfuhr nach Rio de Janeiro war in den Jahren 1880 bis 1891 von 6363 Tonnen auf 10 314 Tonnen, der Wert der eingeführten Eisenprodukte von 1880/81 bis 1889 von 10 269 440 Mark auf 17 830 400 Mark gestiegen. Diese Zahlen zeigen, wie wenig die einheimische Industrie den Bedarf zu decken vermochte.

1894 gab es zwei Eisenindustriegesellschaften in Brasilien: die Compania Usina Wigg und die oben erwähnte Compania de Forjas e Estaleiros. Sie erzeugten Gufswaren direkt aus dem Hochofen, der 25 Prozent billiger war als der eingeführte. Die Compania Wigg schmolz auch Ferromangan zur Ausfuhr nach Europa.

Sehr bedeutend hat sich in den letzten Jahren die Förderung und die Ausfuhr von Manganerzen gesteigert. 1899 betrug der Export über 40 000 Tonnen. Die Manganerzlager befinden sich in den Provinzen Bahia und Minas. Die ergiebigsten Gruben sind im Besitz von Carlos Wigg. Deren Ausfuhr betrug 1895 6565 Tonnen, 1898 29 630 Tonnen und 1899 bis zum September bereits 60 107 Tonnen.

Die statistischen Angaben über die Einfuhr von Eisen und Eisenwaren sind sehr lückenhaft. Roheisen und Puddeleisen liefert England zumeist, während altes Eisen ausgeführt wird. Gufs wird jetzt grofsenteils im Lande erzeugt. Röhren kommen von England und Nord-

Digitized by Google

amerika. Drahtstifte werden aus belgischem Draht im Inlande hergestellt. Hufnägel, Holzschrauben, Messerwaren und Werkzeuge liefert Deutschland, Eisenbahnmaterial England, Nordamerika und Deutschland, während Lokomotiven und Wagen meist aus den Vereinigten Staaten kommen, desgleichen elektrische Einrichtungen.

Die Einfuhr aus Grofsbritannien betrug:

	1892	1893
Eisen in Barren . . . . Tonnen	6 552	4 944
Eisenbahnmaterial . . . . „	5 761	6 159
Bleche . . . . „	4 227	3 563
Eisenwaren nach Wert in £	37 137	32 071

Die Einfuhr aus Deutschland betrug:

	dem Gewichte nach in Tonnen				dem Werte nach in 1000 Mark			
	1893	1894	1897	1898	1893	1894	1897	1898
Eisen und Eisenwaren .	26 315	23 315	20 553	21 234	8447	8596	7329	7338
Maschinen	2 312	2 808	4 602	1 556	3834	3767	5595	1799

Die Eisenindustrie der übrigen Staaten Amerikas ist noch so unentwickelt, dafs sie für die Geschichte des Eisens ohne Bedeutung ist. Sie decken ihren Eisenbedarf durch Einfuhr und nur als Einfuhrländer für die Überproduktion der Industriestaaten sind sie von Wichtigkeit. **Argentinien**, dessen Gesamteinfuhr im Jahre 1898 einen Wert von 107 428 900 Pesos oder rund 432 Millionen Mark erreichte, steht an erster Stelle. Seine Einfuhr von Eisen, Eisenwaren und Maschinen betrug in Goldpesos (zu 4,05 Mark):

Jahr	Eisen und Eisenwaren	Maschinen
1889	20 560 000	?
1890	5 850 000	?
1893	13 057 430	2 980 566
1894	14 251 153	4 721 143
1895	9 800 565	1 315 816
1896	17 753 662	837 000
1897	16 986 023	?
1898	17 785 792	?

d by Google

Die deutsche Einfuhr betrug:

	1889	1890	1896
Eisen und Eisenwaren	1 443 962	1 033 356	1 088 699
Geräte	317 195	58 918	368 024
Maschinen	648 618	277 397	307 325
Zusammen	2 409 775	1 369 671	1 764 048

1893 verteilt sich die Einfuhr von Eisen und Eisenwaren auf die wichtigsten Länder folgendermafsen:

Grofsbritannien	4 427 169	Pesos
Vereinigte Staaten	2 385 437	„
Belgien	3 142 261	„
Deutschland	1 200 511	„
Frankreich	68 776	„

Nach Sorten betrug die Einfuhr aus Deutschland in Pesos:

	1896	1897
Roheisen	48 150	51 092
Galvanis. Eisendraht	423 985	339 427
Zaundraht	540 313	340 024
Nägel	76 251	34 474
Küchengeräte	261 364	261 687
Schlösser u. s. w.	26 742	33 466
Messer	79 918	54 441
Nähmaschinen	137 217	108 440
Andere Maschinen	170 108	119 189

Asien.

Asien, der gröfste Weltteil, reich gesegnet mit Eisenerzen und Steinkohlen, spielt doch nur eine sehr untergeordnete Rolle in der neueren Geschichte des Eisens. Durch die Initiative der russischen Regierung hat die moderne Eisenindustrie in Sibirien Wurzel geschlagen. Hierüber ist in dem Abschnitt „Rufsland“ schon berichtet worden. In dem ganzen weiten Gebiet des mohammedanischen Asiens sind die Verhältnisse nicht über die sozusagen prähistorischen Zustände, wie wir sie bei der Türkei geschildert haben, hinausgekommen, obgleich dieses Gebiet die ältesten Heimstätten der Eisenindustrie in sich schliefst. Nirgends hat die asiatische Kultur aus sich selbst heraus Fortschritte der Eisenindustrie geschaffen; wo solche zu verzeichnen sind, wurden sie von Europäern eingeführt.

China, das Riesenreich, dessen Reichtum an Steinkohlen und Eisenerzen unermefslich ist, hat nur sehr geringe Fortschritte aufzuweisen, die nicht weiter als bis zum Jahre 1867 zurückreichen. Damals[1]) wurde das Arsenal zu Fu-Tschau in der Provinz Fukien teilweise nach europäischem Muster eingerichtet. Es erhielt eine Giefserei, Schmiede, Walzwerk und Kesselschmiede und beschäftigte an 800 Eisenarbeiter, doch hatte es keine eigene Eisenerzeugung, bezog vielmehr Roh- und Gufseisen, Bleche u. s. w. aus England, kaufte in den Häfen altes Eisen und von den chinesischen Hütten schmiedbares Eisen auf. Letzteres wurde aus Magneteisensand, der durch Waschen bis auf 50 Prozent angereichert wurde, in kleinen 5 bis 6 Fufs hohen Öfen, welche den Wind aus hölzernen, von Menschen betriebenen Gebläsen erhielten, mit gleichen Gewichtsteilen Holzkohlen auf eine Art Roheisen verschmolzen, wobei etwa 30 Prozent Eisen aus den Erzen ausgebracht wurde. Dieses Eisen wurde in denselben Öfen raffiniert und man erhielt aus 100 Roheisen mit 50 Holzkohlen etwa 83 Gewichtsteile schmiedbares Eisen, das unter Handhämmern zu kleinen Schienen abgeschmiedet in den Handel kam. Das Arsenal zu Fu-Tschau bezahlte für 100 Kilo dieses Materials $27\frac{1}{2}$ Frcs.

Diese Anstalt blieb längere Zeit die einzige ihrer Art in China, indes nahm die Eiseneinfuhr mit jedem Jahr zu, und darin zeigte

[1]) Officieller Weltausstellungsbericht von 1873. — Franz Kuppelwieser, Das Hüttenwesen, S. 88.

Digitized by Google

sich ein Fortschritt. Sie betrug 1888 rund 83 500 Tonnen, ferner 2735 Millionen Nähnadeln und für etwa 2 Millionen Mark Maschinen.

Die Erbauung von Eisenbahnen stiefs bei den konservativen Anschauungen der Chinesen auf grofsen Widerstand. Die Mehrzahl sah darin ein nationales Unglück. 1887 gab es nur die 27 km lange Kohlenbahn Kaiping—Jenschwang. 1888 wurde die Verlängerung derselben über Taku nach Tientsin (96 km) erbaut. Das englische Eisenwerk Barrow lieferte die dafür erforderlichen Vignolschienen.

1891 tauchte der Gedanke auf, ein grofses Eisenwerk nach europäischem Muster am Yangtsekiang in der Nähe von Hankau zu errichten. Der fortschrittlich gesinnte Vizekönig der Provinz Hupe, Chan-Chi-Tung, fafste diesen Plan und übertrug die Ausführung dem englischen Ingenieur H. Hobson. Am Nordabhange des Hanyanggebirges am Flusse Han gegenüber der Stadt Hankau sollten zunächst zwei Hochöfen nach dem Typus der Clevelandöfen für eine Erzeugung von täglich 100 Tonnen erbaut werden. Hieran wollte man dann ein Bessemerwerk mit zwei 5-Tonnen-Konvertern, ein Schienenwalzwerk und ein Siemens-Martinwerk anschliefsen. Letzteres sollte das Material für Panzerplatten und Kanonen liefern. Sodann war ein Puddelwerk mit 20 Puddelöfen und mit einem Blech- und Trägerwalzwerk verbunden geplant. Die Maschinen- und die Eisenteile wurden in England und Belgien bestellt. Den Herren Hobson und White wurde die Leitung übertragen. 1892 sollte das Werk fertiggestellt werden, aber es dauerte bis in das Jahr 1894, dafs die Hochöfen und das Walzwerk dem Betrieb übergeben wurden. Die Eisenerze — reiche Magnetite — kamen von Tieh-Schan-Pú in der Provinz Ta-Yeh[1]) an den Yangtsekiang und auf diesem nach Hanyang. Die zwei Hochöfen hatten drei Gebläsemaschinen und Cowperapparate[2]). Das Bessemerwerk hatte je zwei Kupolöfen, einen für das Umschmelzen von Roheisen, einen für Spiegeleisen. Das Arbeitspersonal bestand aus 80 geschulten chinesischen Arbeitern, die zwei Jahre lang bei John Cockerill in Seraing gearbeitet und sich vorbereitet hatten, und aus 30 belgischen Ingenieuren und Arbeitern. Ingenieur Braive hatte das Verdienst, die herrschenden Vorurteile gegen die moderne Industrie einigermafsen beseitigt zu haben. In der Direktion befand sich der deutsche Ingenieur G. Toppe. Die Eröffnung des Werkes kurz vor Ausbruch des Krieges mit Japan fiel in keine günstige Zeit, indem die fremdenfeindliche Politik der Regierung, die sich namentlich auch gegen die Industrie richtete,

---

[1]) Näheres siehe Stahl und Eisen 1898, S. 221.

[2]) A. a. O. 1896, S. 141.

wieder schärfer hervortrat. 1894 erliefs das Seezollamt ein Verbot der Einfuhr fremder Maschinen, die das Leben gefährdeten und die den Lebensunterhalt chinesischer Unterthanen schmälern könnten. Trotzdem wurde das Werk bei Hankau noch erweitert und eine Maschinen-, Wagen- und Waffenfabrik gebaut. Die finanziellen Ergebnisse waren aber sehr ungünstig, und der Vizekönig mufste im Jahre 1896 monatlich 150 000 Mark zusetzen. Er verpachtete es deshalb an ein vielgliedriges chinesisches Konsortium, an dessen Spitze Sheng-Hüen, der Taotai von Tientsin und Direktor der Staatstelegraphen und der gröfsten chinesischen Dampfschiffahrtsgesellschaft (China Merchants Steam Navigation Company), stand. Dieser erstrebte die Erbauung einer Bahnverbindung von Peking nach Hankau.

Im Jahre 1896 erzeugte der Hochofen Nr. I 10 983 Tonnen Bessemerroheisen. Das Stahlwerk lieferte 2300 Tonnen Flufsstahl, nämlich 1500 Tonnen Bessemerstahl für Eisenbahnschienen und 800 Tonnen Martinstahl für Handelseisen. Die Hanyangwerke kamen aber sehr schnell herunter, nachdem sie 1887 in chinesische Hände gefallen waren, und das ganze Unternehmen erschien jetzt als ein verfehltes.

Ein 1896 von Chinesen erbauter Hochofen bei Kweicheo fror beim ersten Anblasen ein. Dagegen hatte ein kleines Martinwerk in Shanghai mit zwei Siemens-Martinöfen besseren Erfolg, es erzielte eine Jahreserzeugung von 1000 bis 1200 Tonnen.

Inzwischen entwickelte sich der Eisenbahnbau, wenn auch langsam, weiter. 1896 hatten die chinesischen Linien eine Länge von rund 200 km, Ende 1897 von 418 km. Es bestanden drei Linien: 1. Tientsin—Tongku—Shanhaikuan, 270 km, 2. die Tayeh-Eisenbahn, 28 km, und 3. die Bahn Tientsin—Peking, 120 km, die durch kaiserliches Edikt vom 9. Dezember 1895 angeordnet und von dem englischen Ingenieur C. W. Kinder unter Aufsicht des Taotai Li ausgeführt worden war. Geplant waren die Linien Peking—Hankau, 1400 km, und Wusung—Schanghai—Sutschan—Nanking, 500 km.

Besseren Erfolg als die Eisenhüttenwerke hatten die von der kaiserlichen Regierung angelegten Waffenfabriken. Die bedeutendste war zu Kiang-Nan am Flusse Wusung, etwa 20 km von Shanghai entfernt. Sie war ganz in europäischer Weise eingerichtet, hatte zwei Siemens-Martinöfen, eine Schmiedepresse von 2000 Tonnen Arbeitsdruck, einen Kran für 100 Tonnen Tragkraft, grofses Plattenwalzwerk und Stahlgiefserei; hierzu kam das Arsenal mit der Waffenfabrik und die Docks. Die Anlage beschäftigte 2500 Arbeiter. Das Arsenal

d by Google

stand direkt unter dem Vizekönig von Nanking. Die Leitung lag in den Händen einer Direktion, zu der einige englische Ingenieure, meist aber Chinesen gehörten. Eine Gewehrfabrik befand sich in Tientsin, und eine Staatswerft in Futschau.

Trotzdem neben den neuen Anlagen die primitive einheimische Eisenindustrie fortbestand und den Bedarf der Bevölkerung zum Teil deckte, war doch China namentlich für seine neuen Unternehmungen auf die Einfuhr von Europa und Amerika angewiesen. Hieran hatte England den Hauptanteil, dann folgten Belgien und Deutschland. In neuester Zeit ist letzteres an die zweite Stelle gerückt.

Einfuhr nach China in Pikuls (1 Pikul = 60,45 kg).

	1881	1887	1888	1889	1891
Roh- und Ballasteisen	97 803	38 245	51 447	40 187	64 184
Alteisen	241 018	471 584	597 971	496 435	859 018
Stangeneisen	81 664	111 929	139 554	117 048	198 648
Reif- und Bandeisen	12 011	11 643	14 212	12 102	18 472
Nageleisen	255 729	294 539	395 427	359 528	453 630
Bleche und Platten	?	35 830	35 000	40 754	68 786
Draht	37 272	26 869	32 168	50 357	63 318
Weifsblech	—	15 846	30 241	18 541	20 718
Stahl	22 660	27 329	50 684	39 387	57 176
Eisenwaren, nicht klassifiziert	23 060	32 449	32 629	32 314	77 773
Zusammen		1 066 263	1 379 333	1 206 653	1 881 723
Maschinen [in Haik. Taëls[1])] .	?	398 407	372 790	345 863	900 500
Nähnadeln (Millionen Stück) .	335	2 373	2 735	1 874	3 214
Wert in Haik. Taëls	1 698 872			2 895 759	4 772 352

Einfuhr nach Wert in Haikuan Taëls (zu 5,29 Mark).

	1889	1890	1893	1894	1895	1896	1897	1898
Roheisen . .	40 708	84 289	80 259	133 369	173 121	192 445	50 942	440 771
Alteisen . .	621 414	642 848	622 527	702 397	524 123	1 168 935	815 664	1 140 294
Stabeisen . .	270 614	278 599	262 062	304 509	386 925	388 564	290 672	502 973
Reifeisen . .	32 741	38 555	39 172	68 539	60 680	100 860	75 453	100 975
Nageleisen .	699 725	527 220	581 453	745 227	623 998	939 976	491 577	919 530
Bleche . . .	112 956	126 816	148 618	204 826	230 493	283 230	228 198	307 791
Draht . . .	176 006	220 181	214 141	148 743	166 882	214 165	227 007	263 516
Stahl . . .	149 805	241 939	348 932	279 232	357 982	456 496	275 632	332 518
Weifsblech .	81 938	76 584	69 967	105 331	244 095	152 841	290 899	562 315
Eisenwaren .	121 614	198 805	277 909	159 980	144 625	519 855	416 174	477 929
Maschinen .	345 863	410 348	930 651	1 119 777	2 385 205	2 064 441	2 716 737	1 758 615
Nähnadeln .	—	—	—	278 521	289 736	633 273	654 095	582 942

[1]) 1 Haikuan Taël Silber = früher 6,41 Mark, jetzt 5,29 Mark.

Japan. Früher lagen die Verhältnisse in Japan ähnlich wie in China, es herrschte starrer Konservatismus und eine feindliche Ablehnung alles Fremden. Hierin trat aber in den sechziger Jahren eine Wandlung ein, und die Restauration im Jahre 1868 mit der Thronbesteigung des Mikado, des Nengö Meiji, bewirkte einen vollständigen Umschwung. Die Macht der Lehnsfürsten (Daimios), die seither den Fortschritt hauptsächlich gehemmt hatten, wurde gebrochen und die Kaisermacht wieder hergestellt. Mit vollem Bewufstsein wandte sich Regierung und Volk der modernen europäischen Kultur zu und es ist bewunderungswürdig, wieviel das hochbegabte, energische und tapfere Volk seitdem geleistet hat. Nach der Verlegung der Residenz von Kioto nach Jeddo, welches seitdem den Namen Tokio erhielt, wurde daselbst 1872 eine Universität nach europäischem Muster und unter Berufung europäischer Lehrkräfte gegründet, in Verbindung damit entstand eine technische Hochschule, die in der Folge mit der Universität vereinigt wurde. Die technische Hochschule gründete wieder einen Ingenieurverein, der rasch in Blüte kam und segensreich wirkte. Im Jahre 1871/72 wurde auch die erste Eisenbahn gebaut und 1873 nahm Japan bereits an der Weltausstellung in Wien in ehrenvoller Weise teil. Die Eisenindustrie war allerdings noch sehr im Rückstand und die ungenügende Erzeugung wurde nach recht veralteten Verfahren dargestellt. Hierüber entnehmen wir dem Berichte von Franz Kuppelwieser über die Wiener Weltausstellung von 1873 das Folgende.

Japan ist reich an Eisenerzen und Steinkohlen. 1871 wurden über 11000 Tonnen Kohlen gefördert und 9375 Tonnen Schmiedeeisen erzeugt. Ein Bergbau auf Eisenerze findet nicht statt, vielmehr wird das Erz aus erzreichem Sand gewaschen. Dieser Eisensand wird in kleinen Stück- oder Blauöfen mit Holzkohlen geschmolzen. Zur Winderzeugung dienen meist liegende, doppeltwirkende Kastengebläse für Handbetrieb, während man für gröfsere Öfen auch einfache oszillierende Cylinder-Kolbengebläse, die zuweilen durch Wasserräder bewegt werden, verwendet. Das bei der ersten Schmelzung erblasene Produkt ist entweder schmiedbares Eisen oder ein unvollkommen geflossenes graues bis kleinluckiges Roheisen. Ein Stückofen schmilzt in drei Tagen aus 100 Centner Erz etwa 36 Centner Eisen. Dieses Roheisen wird in einer Art von Kupolöfen umgeschmolzen und vergossen. Diese Kupolöfen sind der Höhe nach aus drei Teilen zusammengesetzt. Der untere besteht aus einem Gufseisen-Kessel, der mit einer fünf Zoll dicken Masseschicht ausgekleidet ist und

eine Höhe von etwa zwei Fufs hat. Der eigentliche Schacht wird aus zwei gufseisernen Cylindern von vier und zwei Fufs Höhe gebildet; dieselben sind ebenfalls ausgefüttert. Die Thonform von etwa einem Zoll Durchmesser ist sehr geneigt. Das Gebläse ist dasselbe wie bei den Stücköfen. Der Durchmesser des Ofens schwankt zwischen ein und zwei Fufs. Die Holzkohle ist von vorzüglicher Qualität, meist Eichenkohle. Bei Beginn des Betriebes wird der Ofen nahezu gefüllt und dann bei gleich bleibender Holzkohlengicht von etwa $^3/_4$ Kubikfufs mit 8 Pfund Eisensatz begonnen und gegen Ende der Kampagne bis 30 Pfund gestiegen. Je nach der Gröfse des Ofens besteht eine Kampagne aus etwa 30 bis 70 Centner, welches Quantum in etwa acht Stunden niedergeschmolzen wird. Der Ofen wird nach drei Schmelzungen neu ausgefüttert. Eigentümlich ist noch, dafs der Gufseisenkessel, welcher den Boden bildet, etwa 20 Abstichöffnungen hat, weil sehr häufig ein Einfrieren des Abstichs stattfindet.

Die von dem auf diese Weise eingeschmolzenen Roheisen erzeugten Gufswaren bestehen der Hauptsache nach aus Hausgeräten, wie Kessel, Pfannen, Schaufeln u. s. w., die recht hübsch und nett gearbeitet sind. Bei Erzeugung der Kochgeschirre, welche sehr dünnwandig sind, wird der Oberkasten der Form aus feuerfester Masse hergestellt, sehr gut gebrannt und an hundertmal hintereinander benutzt, dabei jedesmal nur ausgeflickt und geschwärzt, während der Unterkasten mit dem Kern aus Sand für jeden Gufs neu gemacht wird. Für Kunstgufs, der sehr schön ausgeführt wird, verwendet man Wachsmodelle, die dann aus der Lehmform ausgeschmolzen werden.

Behufs der Erzeugung von Stahl und Stabeisen werden die aus dem Stückofen erhaltenen Luppen in verhältnismäfsig kleine Stücke geschroten, dies in kleinen am Boden angebrachten Feuern sorgfältig ausgeheizt und mit Handhämmern zu Schienen von etwa 18 bis 20 Zoll Länge, 5 Zoll Breite und $^1/_2$ Zoll Dicke ausgeschmiedet. Um schmälere Stangen (Nageleisen) zu erhalten, werden diese Flachschienen der Länge nach mittelst Setzeisen auseinander gehauen. Die Qualität des Eisens ist eine vorzügliche und die aus dem Eisen und Stahl mit der Hand geschmiedeten Werkzeuge meist sehr schön und sauber ausgeführt.

Die einheimische Erzeugung deckte bei weitem nicht den Bedarf; Eisenwaren und Maschinen wurden deshalb in immer wachsenden Mengen aus dem Auslande bezogen.

Dafs die einheimische Eisenindustrie sich nicht ebenso rasch entwickelte wie die übrigen Industriezweige, lag in der Natur

Digitized by Google

der Sache, in der Vergangenheit und in dem Umstand, dafs es vorläufig vorteilhafter war, diese Gegenstände gegen andere Industrieerzeugnisse einzutauschen, als sie selbst zu erzeugen, wozu auch zunächst noch die Vorbedingungen fehlten.

Die erste moderne Hochofenhütte, allerdings noch für Holzkohlenbetrieb, wurde 1875 in der Nähe der Eisenerzgruben von Haigou erbaut. Der Hochofen war 17,40 m hoch, 3 m in der Rast und 1,80 m in der Gicht weit, er war mit Lürmanns Schlackenform versehen und hatte Whitwellapparate zur Winderhitzung. Die Produktion betrug 70 bis 80 Tonnen in der Woche, das Erz war gewaschener, weicher Magneteisensand. Die Anlage war von der englischen Firma Head, Wrightson & Co. von den Teesdale Eisenwerken bei Stockton on Tees ausgeführt, die feuerfesten Steine waren aus japanischem Material hergestellt, die stehende Gebläsemaschine von der Firma Galloway in Manchester geliefert. In demselben Jahre 1875 erbaute David Forbes ein Eisenwerk, das zunächst 12 Puddelöfen und 7 Schweifsöfen, sodann ein Blech-, Schienen-, Stabeisen- und Trägerwalzwerk und einen Dampfhammer umfafste. Alle die letztgenannten Werkzeuge waren von der berühmten Firma Tannet, Walker & Co. in Leeds geliefert.

Bis zum Jahre 1880 waren Bergbau und Metallgewinnung staatlich. In diesem Jahre brach die Regierung mit dem alten System und ging dazu über, die Bergwerke zu veräufsern oder zu verpachten. Ein Hindernis für die Entwickelung des Bergbaues war es, dafs die Arbeit des Bergmannes in Japan verachtet war. Man hatte vordem nur Sträflinge zur Bergarbeit verurteilt, wie im alten Rom. Nur Leute aus den untersten Schichen der Bevölkerung wurden Bergarbeiter, die schlecht bezahlt und hart behandelt wurden.

Wie sehr der Eisenverbrauch in den achtziger Jahren zunahm, geht daraus hervor, dafs derselbe von 1877 bis 1888 von 1 213 675 Yen auf 6 189 168 (von 4 854 700 Mark auf 25 610 000 Mark) stieg. 1888 betrug der Bedarf an Eisenbahnschienen 6 142 000 Mark, an Roheisen 1 676 500 Mark, an Werkzeugen 1 333 460 Mark, an sonstigen Eisenwaren 12 651 260 Mark.

Ein deutliches Bild der raschen Entwickelung Japans in dieser Zeit giebt das rasche Wachstum der Eisenbahnen. Die Länge der Eisenbahnlinien betrug in englischen Meilen (statute miles):

1872/73	18	1894/95	2118
1882/83	171	1896/97	2507
1892/93	1871	1898/99	3430

In Kilometern: 1880 . . 121 1890 . . 2333 1900 . . 5892.

Digitized by Google

Aus diesen Zahlen ist deutlich ein aufserordentlicher Aufschwung in den letzten 20 Jahren zu erkennen. Der japanische Ingenieurverein zählte 1890 bereits 1000 Mitglieder, die nach Fächern als Maschinenbauer, Elektrotechniker, Berg- und Hüttenleute, Chemiker, Metallurgen, Architekten, Schiffsbauer und Civilingenieure eingeteilt waren.

1893 besafsen die japanischen Bahnen 206 Lokomotiven, 200 englische, 4 deutsche und 2 amerikanische. In diesem Jahre wurde die erste japanische Lokomotive — eine Verbundmaschine — in Kobe erbaut. Bis 1893 gab es nur eine Stahlgiefserei, diese war in Sakei, 1894 wurde eine neue von der Japan Steel Manufacturing Company in Osaka erbaut. 1895 bereiste der berühmte amerikanische Eisenindustrielle Potter im Auftrage der japanischen Regierung das Land und erstattete ein Gutachten über die Eisenindustrie und ihre Zukunft. Aus seinem Bericht geht hervor, dafs die oben erwähnten beiden alten Holzkohlenhochöfen wegen Holzmangels und teurer Holzkohlenpreise nicht mehr konkurrenzfähig waren. Ungünstig war es, dafs die besten Eisenerzlager im mittleren und nördlichen Japan lagen, während die Kokskohlen nur im Süden vorkamen. Dennoch gewann die Idee der Anlage eines grofsen modernen Hochofen- und Stahlwerks seit der Zeit immer mehr Anklang.

1894 waren 3328879 Tonnen Steinkohlen, 22236 Tonnen Roheisen, das gröfstenteils zu Gufswaren verwendet wurde, etwa 5000 Tonnen verarbeitetes Eisen und 2000 Tonnen Stahl erzeugt worden. Die Einfuhr von Eisen und Stahl, namentlich für Eisenbahnbedarf und Schiffsbau, war aber sehr bedeutend und verschlang grofse Summen.

Aus diesem Grunde bewilligte die japanische Kammer im Jahre 1896 den Betrag von 4095700 Yen (an 18 Mill. Mark) zur Anlage eines grofsen Stahlwerkes für etwa 60000 Tonnen Jahreserzeugung und entsandte Ende 1896 eine Kommission zur Information und mit Vollmachten nach Amerika und Europa. Es wurde beschlossen, das neue Werk in Edamitsu bei Yawatamura am Hafen von Wakamatsu nahe den Kohlenlagern von Kiuschu, womit es durch Eisenbahn verbunden war, anzulegen.

Die erwähnte Kommission erteilte ihre Aufträge und Bestellungen, wo es ihr am besten schien; Deutschland hat dabei einen ehrenvollen und bedeutenden Anteil errungen[1]). Die Hochofenanlage wurde von dem bekannten Hütteningenieur Fritz W. Lürmann in Osnabrück entworfen und die Eisenkonstruktionen von der Gute-

[1]) Stahl und Eisen 1899, S. 1141.

Digitized by Google

hoffnungshütte in Olerhausen ausgeführt. Das ganze Werk wurde nach den neuesten Erfahrungen konstruiert. Die Hochofenanlage enthielt 2 Hochöfen von 23 m Höhe und 7 m Kohlensackweite, 4 Gebläsemaschinen und 8 Cowperapparate von je 30 m Höhe. Das Stahlwerk wurde von der Gutehoffnungshütte entworfen und die Eisenteile dazu geliefert. Zwischen Hochöfen und Stahlwerk wurden zwei Mischer von 160 Tonnen Inhalt eingeschaltet. Zwei Kupolöfen von 200 Tonnen Tagesleistung bedienten die zwei amerikanischen Konverter, die 5763 mm hoch und 3 m weit waren und 400 Tonnen in 24 Stunden erzeugten. Wie die Mischer wurden auch sie hydraulisch gekippt. Ferner enthielt die Anlage vier Martinöfen zu 25 Tonnen Einsatz, elektrische Kräne von 20 bis 50 Tonnen Tragkraft. In dem Blockwalzwerk befanden sich sieben grofse Regenerativ-Wärmöfen, die mit Generatorgasen geheizt wurden. Die Aufgabethüren wurden durch Hydraulik geöffnet, aufserdem wurden die Öfen von einem elektrischen Kran von 3 Tonnen Tragkraft bedient. Die Blockstrafse war ein Duo-Reversierwalzwerk, dessen Walzen 2880 mm Ballenlänge und 9100 mm Durchmesser hatten. Es wurde von einer liegenden Zwillingsmaschine von 4000 P. S. angetrieben. Das Schienenwalzwerk, ebenfalls ein Duo-Reversierwalzwerk, wurde von einer Dreicylindermaschine von 5800 P. S. bedient. Das Walzwerk umfafste Grobstrafse, Mittelstrafse und Feinstrafse, Grob- und Feinblechwalzwerk u. s. w. Das Werk hat eine grofse elektrische Centrale. Von der Herstellung von Kriegsmaterial und Panzerplatten hatte man vorläufig Abstand genommen. Die Erzeugung war geschätzt auf 45000 Tonnen Bessemer- und 45000 Tonnen Martinstahl. Die Leitung legte man in die Hände eines Direktoriums, worin der Deutsche Gustav Toppe als consulting director das einzige ausländische Mitglied war. Wada Tsunastiro wurde Generaldirektor und Vorsitzender des Aufsichtsrates.

Im Jahre 1900 war der Bau des grofsen Werkes Edanitsu (Yawatamura) so weit vorgeschritten, dafs man noch im Laufe des Jahres seine Inbetriebsetzung erwartete. Bis dahin waren bereits 14 Mill. Yen (56 Mill. Mark) für das Unternehmen verausgabt worden. Mit grofser Spannung sah man dem Erfolge und den Veränderungen, welche seine Massenerzeugung auf den auswärtigen Handel ausüben würde, entgegen.

Vorläufig gehören noch Eisen- und Stahlwaren zu den Haupteinfuhrartikeln. An dieser Einfuhr hatte Grofsbritannien den Hauptanteil, dann folgten Belgien, Deutschland und Nordamerika. In neuerer Zeit haben aber die Vereinigten Staaten Deutschland und Belgien überflügelt und machen in wichtigen Artikeln selbst Grofsbritannien erfolgreiche Kon-

Digitized by Google

kurrenz, besonders in Eisenbahnschienen, sowie in Lokomotiven, Eisenbahnwagen und elektrischen Maschinen. Für Lokomotivbau giebt es in Japan jetzt drei Staatswerkstätten, zu Kobe, Tokio und Osaka. An den beiden letztgenannten Orten sind auch Schiffsbauanstalten. 1899 gab es in Japan 5375 Dampfmaschinen mit 58172 P.S. und 2968 Fabriken, die 273792 Arbeiter beschäftigten.

Erzeugung und Einfuhr sind in nachfolgender Zusammenstellung aufgeführt.

Erzeugung Japans in Tonnen.

	1871	1894	1898
Roheisen	9 375	22 236	20 558,0 [1]
Eisen und Eisenwaren	—	5 000	1 101,5
Stahl	—	2 000	1 920,6
Steinkohlen	110 571	3 328 879	6 598 033,0

Erzeugung von Staats- und Privatbetrieben in Tonnen.

	1886/87	1888/89	1890/91	1892/93	1894/95
Roheisen:					
Staatsbetrieb	3 956	3 170	3 595	2 307	1 196
Privatbetrieb	9 827	15 605	18 858	17 483	18 257
Zusammen	13 783	18 775	22 453	19 790	19 453
Steinkohlen:					
Staatsbetrieb	406 080	479 776	6 762	21 947	22 539
Privatbetrieb	981 360	1 549 120	2 541 678	3 185 512	4 270 156
Zusammen	1 387 440	2 028 896	2 548 440	3 207 459	4 292 695

Einfuhr[2]) nach Wert in Yen[3]).

	1880	1886	1887	1888
Roheisen	82 402	101 034	118 369	397 165
Schienen und Stäbe	162 915	497 816	653 534	1 462 429
Werkzeuge	160 573	427 152	756 501	317 371
Sonstige Eisenwaren	1 659 003	1 590 513	1 960 408	3 012 204
Zusammen	2 064 893	2 616 515	3 488 812	5 189 169

[1]) Nach einer anderen Angabe (Stahl und Eisen 1901, S. 1324) 1890 15000, 1895 35000, 1898 60000, 1899 75000, 1900 64000 Tonnen.

[2]) Die Gruppierung der Einfuhrerzeugnisse ist eine ungleiche und läfst sich deshalb nicht einheitlich darstellen.

[3]) 1 Yen = 4 Mark, da aber der Yen mit dem Silberwert schwankte, so war er von 1887 bis 1890 nur 3,56 Mark wert.

Einfuhr nach Wert in Yen.

	1884	1887	1888	1890	1892	1893
Eisen und Stahl . .	160 000	268 257	706 983	394 964	479 838	752 000
Eisenhalbfabrikate .	969 000	1 951 745	2 952 760	3 073 051	1 813 189	2 840 000
Eisenwaren	440 000	1 318 261	2 551 590	2 042 893	1 447 192	1 799 000
Waffen u. Munition	—	845 759	752 591	847 066	1 171 846	—
Maschinen und Instrumente	729	1 629 864	4 586 221	4 574 688	2 258 363	3 978 000
Wagen und Schiffe	1 850	686 109	1 727 063	2 164 993	739 636	1 533 000

Deutsche Einfuhr 1890.

Eisen und Eisenwaren	1 009 757	Yen[1])
Maschinen	474 069	„
Waffen und Munition	354 961	„

Einfuhr 1894 in Yen.

Roheisen	734 522,	davon	fünf	Sechstel	aus	England,
Stahl	289 246,	„	für	42 037	„	Deutschland,
Bleche	726 738,	„	„	568 872	„	England,
			„	120 193	„	Belgien,
Nägel	1 332 637,	„	„	1 017 318	„	Deutschland,
Telegraphendraht	142 214,	„	„	89 417	„	Deutschland,
Draht	84 811,	„	„	50 035	„	Deutschland,
Stabeisen	1 339 033,	„	„	571 703	„	England,
			„	410 006	„	Belgien,
			„	340 681	„	Deutschland,
Röhren	484 086,	„	„	451 585	„	England,
Schienen	1 209 205,	„	„	1 150 424	„	England,
			„	36 841	„	Belgien,
			„	21 904	„	Deutschland,
Zusammen	6 342 492	Yen	(14 270 607	Mark)		
Lokomotiven	1 580 272,					
Spinnmaschinen	2 858 321,	davon	für	2 785 824	aus	England,
			„	57 598	„	Frankreich,
			„	14 897	„	Deutschland,
Webmaschinen	89 261,	„	„	56 630	„	England,
			„	12 021	„	Deutschland,
Dynamomaschinen	226 193,	„	„	154 905	„	Nordamerika,
Schiffe	8 202 549,	„	„	453 080	„	Deutschland.

[1]) Der Wert des Silber-Yen war damals nur 2,25 Mark in Gold.

Digitized by Google

Einfuhr 1897 und 1898 in Tonnen und Mark[1]).

	1897		1898	
	Tons	Mark	Tons	Mark
Roheisen	43 295	1 945 860	62 898	2 820 440
Stabeisen	54 809	6 346 100	71 807	8 292 840
Verzinkte Bleche	4 150	1 127 480	3 461	948 280
Nägel	18 035	3 039 620	14 263	2 348 600
Bleche	19 395	2 450 480	22 996	2 870 280
Schienen	86 401	6 927 100	71 520	5 373 100
Röhren	—	1 863 700	—	2 721 400
Draht	7 673	1 397 020	6 079	1 079 560
Verschiedene Eisenwaren	—	2 883 440	—	9 346 620
Eisenbahnmaterial	—	4 169 140	—	1 277 400
Stahl	3 813	993 080	5 793	1 968 880
Weifsblech	—	1 166 560	—	840 000
Zusammen	—	34 309 580	—	39 887 400
Lokomotiven u. Eisenbahnwagen	—	10 880 500	—	11 140 860
Übrige Maschinen	—	28 306 640	—	19 382 100

Von der Einfuhr an Schienen und Lokomotiven entfielen dem Werte nach in Mark:

	1895	1896	1897	1898
Schienen:				
auf Grofsbritannien	1 732 886	4 107 084	3 253 452	1 603 604
„ Deutschland	39 398	200 606	340 606	269 976
„ Belgien	78 876	174 524	584 598	150 974
„ die Vereinigten Staaten	—	749 820	2 469 950	3 219 462
Lokomotiven:				
auf Grofsbritannien	1 523 738	2 107 444	5 583 384	6 165 228
„ die Vereinigten Staaten	568 658	832 212	4 828 180	4 038 438

Einfuhr in 1000 Mark.

	1899	1900
Roheisen	2 175	2 167
Stabeisen	5 861	11 797
Blech	8 179	14 051
Draht	2 763	4 961
Nägel	5 002	4 907
Röhren	2 144	5 710
Baueisen	2 894	4 230
Stahl	2 149	2 597
Weifsblech	1 280	1 872
Schienen	979	10 694
Andere Eisenwaren	8 541	2 759
Lokomotiven, Waggons	5 958	5 459
Maschinen	12 805	20 180
Zusammen	60 730	91 384

[1]) Stahl und Eisen 1899, S. 1142.

Ostindien. Indien ist der Sitz einer uralten einheimischen Eisenindustrie (siehe Bd. I), die schon in früher Zeit hochberühmt war und die sich trotz der englischen Konkurrenz erhalten hat. Der indische Wootzstahl wird heute noch so hoch geschätzt und bezahlt, wie der beste englische Gufsstahl. Indien ist reich an guten Eisenerzen und leidet auch an Steinkohlen keinen Mangel. Die Bedingungen für eine Massenerzeugung in europäischer Weise scheinen demnach gegeben. Die Versuche zur Gründung einer solchen Industrie in Ostindien gehen viel weiter zurück als in China oder Japan. Das älteste Unternehmen war die von Josiah M. Heath angeregte Indian Steel, Chrom and Iron Company im Jahre 1833, welche im südwestlichen Indien zu Porto Novo und Beipur (Beypore) einen Hochofen, sowie Puddel- und Walzwerke anlegte und betrieb. Mit Unterstützung der Regierung zu Madras kam das Werk nach Überwindung vieler Schwierigkeiten in guten Gang, so dafs sich die alte Gesellschaft im Jahre 1853 in eine neue mit 400000 £ Aktienkapital umwandelte, die eine grofse Thätigkeit entfaltete. Sie baute zwei neue Hochofenwerke für Holzkohlenbetrieb zu Poolamputty im Salemdistrikt und zu Trinomally im Süd-Arcotdistrikt[1]), die ihr gutes Roheisen zu günstigen Preisen in London verkaufen konnten. Dies dauerte aber nur so lange, als Roheisen für Ballast nach England ging; als dies aufhörte und die Versuche, den Puddelprozefs durch den Bessemerprozefs zu ersetzen, keinen Erfolg hatten, gingen die Werke zu Grunde und wurde der Betrieb im Jahre 1864 eingestellt. Mehrere andere Anlagen von Holzkohlenhochöfen verschwanden noch schneller[2]).

Mehr Erfolg hatten die Eisenwerke bei Barrakur in Bengalen, wo sich Eisenerz und Steinkohle nahe beisammen finden. Hier gründete 1875 die Bengal Iron Works Company eine Hochofenanlage und Giefserei, die aber 1879 ihren Betrieb einstellen mufste. Zwei Jahre später übernahm die englische Regierung das Werk, baute 1881 bis 1883 zwei neue Hochöfen und erweiterte die Giefserei bedeutend. Um 1890 trat die Regierung das Werk wieder an eine Privatgesellschaft ab, die es noch weiter vergröfserte. In demselben Jahre gründete die englische Regierung ein gröfseres Eisen- und Stahlwerk in dem Erzgebiete Ranigaudsch, wo Erze und Steinkohlen zusammen vorkommen. Dasselbe sollte hauptsächlich Eisenbahnmaterial, Schienen und Schwellen liefern.

1883/84 hatte eine „Weltausstellung" in Calcutta stattgefunden.

---

[1]) The Indian and eastern Engineer 1896, S. 211, und Stahl und Eisen 1896, S. 603. — [2]) Stahl und Eisen 1901, S. 391.

Digitized by Google

Die Steinkohlenförderung Ostindiens war von 1866 bis 1892/93 von 1389 auf 2538 Kilotonnen und 1897 auf 4128 Kilotonnen gestiegen. Die Bengal Iron and Steel Company erzeugte im Jahre 1892/93 12917 Tonnen Roheisen und 3970 Tonnen Gufseisen. In Südindien, in der Präsidentschaft Madras, hatte sich die Eisengiefserei gut entwickelt. Die gesamte Eisenerzeugung der ostindischen Hochöfen im Jahre 1896 betrug 46000 Tonnen. Eine Schwierigkeit fanden die Werke in der Beschaffung von Zuschlagskalk.

Die Erzeugung der nach europäischen Mustern angelegten Eisenwerke konnte den Bedarf nur zum kleineren Teil decken, den gröfsten Teil mufste die Einfuhr liefern.

Hierüber geben die nachfolgenden Zahlen Aufschlufs. Die Einfuhr von Eisen und Eisenwaren war in den Jahren 1887/88 bis 1892/93 von 3608405 Centner auf 3722252 Centner gestiegen, die Stahleinfuhr von 1884/85 bis 1892/93 von 253426 Centner auf 1039815 Centner. Grofsbritannien, Belgien und Deutschland waren daran hauptsächlich beteiligt. Die belgische Einfuhr hatte Anfang der neunziger Jahre die englische zum Teil überholt.

Die Einfuhr nach Sorten in englischen Centnern war:

	1893/94	1894/95
Roheisen	147 724	158 739
Eisenbarren	1 047 991	543 915
Stab- und Winkeleisen	406 601	525 504
Eisenreifen	90 612	70 174
Bleche und Platten	461 041	436 957
Galvanisiertes Eisen	489 415	539 943
Röhren	443 239	380 975
Nägel, Schrauben, Bolzen	144 733	143 599
Traversen, Säulen, Brückenteile	256 679	271 168
Stahlbarren	502 798	337 120
Stahlbleche und -platten	204 281	149 867
Stahlreifen	194 674	165 048
Stahlgufs	16 191	8 178
Zusammen	4 405 979	3 731 187
= Tonnen	220 299	186 559

Nach Wert in 1000 Rupien[1]) betrug die Einfuhr:

	1895/96	1896/97	1897/98
Eisen	28 125	27 730	26 954
Stahl	10 371	11 077	14 023
Eisenbahnmaterial	35 308	49 612	53 547
Schiffsteile	832	1 404	?
Messerwaren	14 835	15 577	14 768
Maschinen	32 308	49 612	53 547
Wagen und Fahrräder	1 082	2 253	?

[1]) 1 Rupie = 1,20 Mark.

Digitized by Google

Einfuhr aus Deutschland in 1000 Rupien.

	1898/99	1899/1900
Eisen	358	261
Stahl	148	109
Messerwaren	1326	1604

Einfuhr aus England, Belgien und Deutschland in 100 Ctrn.

Jahr	England		Belgien		Deutschland	
	Eisen	Stahl	Eisen	Stahl	Eisen	Stahl
1889	3715	456	262	77	3	16
1890	2983	385	606	66	8	76
1891	3306	462	596	164	13	128
1892	2859	347	776	301	28	66
1893	2382	270	1153	283	34	100
1894	2320	420	1223	518	102	84
1895	1956	369	1176	448	75	120
1897/98	2731	812	1035	1001	38	35

In Hinterindien und auf den Sundainseln haben sich uralte einheimische Eisenindustrieen erhalten, die durch das billige Angebot europäischer Fabrikwaren und Massenerzeugnisse mehr und mehr bedrängt und eingeschränkt werden. Die moderne Betriebsweise hat hier noch keinen Boden gewonnen. Alle diese und die übrigen nicht aufgeführten Länder, Inseln und Staatengebiete kommen für die neuere Geschichte des Eisens nicht in Betracht und haben nur als Einfuhrländer ein Interesse. Nach China, Japan und Ostindien ist Holländisch-Indien (die grofsen Sundainseln) das in dieser Hinsicht wichtigste Gebiet.

Nachstehende Zusammenstellung aus dem Jahre 1898 soll das Verhältnis der Einfuhr der vier Hauptgebiete Asiens untereinander erläutern.

Einfuhr 1898 nach Wert in Millionen Mark.

	Gesamteinfuhr	Eisen und Eisenwaren	Maschinen
China	1110,0	28,0	9,3
Japan	1110,0	68,0	58,6
Ostindien	890,0	126,8	47,0
Holländisch Indien	272,6	17,2	13,7

Digitized by Google

Afrika.

Die Völkerschaften Afrikas haben zwar eine uralte einheimische Eisenindustrie (vergl. Bd. I), die sowohl in ihrer Betriebsweise, wie in ihren Erzeugnissen höchst originell ist, die aber durch die Ausbreitung des europäischen Handels immer mehr zurückgedrängt wird. Es ist bequemer und billiger, gutes fremdes Eisen oder fertige Waren zu kaufen oder einzutauschen. Infolge der Aufteilung Afrikas dringen europäische Kultur, Telegraphen, Eisenbahnen, Dampfschiffe immer tiefer in den lange verschlossenen Weltteil ein und veranlassen einen wachsenden Bedarf an Eisen- und Stahlmaterial, das aus Europa eingeführt wird. Die eigene Produktion verschwindet hierdurch mehr und mehr. Der afrikanische Weltteil wird dagegen ein immer wichtigeres Absatzgebiet für die Eisenindustrie der Kulturländer. Nur in dieser Richtung hat der Weltteil eine Bedeutung für die moderne Geschichte des Eisens.

Das Eisenbahnnetz Afrikas hatte

1870 eine Länge von	1 786	Kilometer
1880 " " "	4 646	"
1890 " " "	9 386	"
1896 " " "	14 827	"
1898 " " "	17 058	"
1900 " " "	20 114	"

Es betrugen die Eisenbahnlängen in Kilometer:

In	1886	1895	1898
Ägypten	1500	2 027	3 358
Algier und Tunis	2312	3 301	4 355
Kapkolonie	2795	3 932	3 781
Natal	313	646	739
Südafrikanische Republik	—	991	1 247
Oranjefreistaat	—	1 000	1 340
Übriges Afrika	720	1 250	3 228
Zusammen	7640	13 147	17 048

Anfang 1898 wurde die Kongobahn mit 388 km fertiggestellt. Die Ugandabahn in Britisch-Ostafrika, die eine Länge von 886 km erhalten soll, war im März 1899 auf 362 km ausgebaut. Ein kühnes Projekt

entwarf Cecil Rhodes, eine Nord-Südbahn sollte das Mittelmeer mit dem Kap verbinden. Sie würde eine Länge von 9119 km bekommen und müfste die Verbindung Bulawayo—Berber, 4981 km lang, erst noch gebaut werden. Der traurige Krieg in Südafrika hat dem erfreulichen Aufschwung Afrikas, besonders dem der Südstaaten, einen schweren Schlag versetzt. Transvaal, dessen Eisenbedarf seit 1892 rasch gestiegen war, ist dadurch besonders hart betroffen.

Einfuhr in 1000 Mark.

Nach	1889		1898	
	Gesamteinfuhr	Eisen, Eisenwaren und Maschinen	Gesamteinfuhr	Eisen, Eisenwaren und Maschinen
Ägypten	142 174	10 467	228 939	20 732
Tunis	25 962	1 504	42 818	3 563
Tripolis	6 264	255	7 712	272
Marokko	36 817	649	36 760	615 (über Tanger)
Kongostaat	4 550	856	20 149	4 781
Kapland	172 299	19 510	339 076	45 630
Natal	—	—	108 593	15 166
Transvaal (1890)	72 800	?	(1897) 276 702	78 310
Deutsch-Afrika	—	—	29 643	3 259
Sansibar	—	—	(1897) 26 497	2 482
Madagaskar	—	—	(1897) 14 687	859
			(1899) 22 624	2 000

Deutsche Einfuhr 1899 nach Wert in 1000 Mark.

Nach	Eisen und Eisenwaren	Maschinen, Fahrzeuge, Intrumente
Britisch-Afrika	2819	904
Ägypten	2076	810
Deutsch-Afrika	2850	618
Französisch-Afrika	325	166
Portugiesisch-Afrika	1292	115
Kongostaat	36	85
Liberia	64	25
Marokko	170	4
Transvaal	2143	1193
Oranjefreistaat	138	18
Abessynien	4	—
dem übrigen Afrika	41	8
Zusammen	11958	3946

d by Google

1895 bezog Transvaal für 41 108 000 Mk. Maschinen, für 5 680 000 Mk. Eisenbahnmaterial und für 12 675 000 Mark sonstige Eisen- und Metallwaren. Das meiste kam von England, doch war auch Deutschland mit 6 Millionen Mark an der Einfuhr beteiligt. Dem Gewicht nach betrug die Einfuhr 25 803 Tonnen Eisenbahnschienen und -schwellen, 1792 Tonnen Lokomotiven, 1266 Stück Eisenbahnfahrzeuge, 6391 Tonnen Eisendraht, 4204 Tonnen Blechwaren u. s. w.

Einen Überblick der Einfuhr der wichtigsten Länder im Jahre 1898 und der Zunahme seit 1889 sowie der deutschen Einfuhr 1899 in Wertzahlen zu 1000 Mark geben die vorstehenden Zusammenstellungen.

Australien.

Australien besafs keine heimische Eisenindustrie, als es den Europäern bekannt wurde; seine Bewohner lebten — wie zum Teil noch heute — völlig in der Steinzeit. Noch mehr wie Afrika bietet es deshalb für die Geschichte des Eisens nur als Absatzgebiet

Ein- und Ausfuhr in 1000 Mark.

Von	Einfuhr		Ausfuhr	
	1889	1899	1889	1899
Viktoria	498 417	359 058	259 789	371 356
Neusüdwales	466 407	511 886	475 217	568 909
Südaustralien	138 811	137 687	148 092	167 768
Queensland	123 473	135 282	157 821	238 857
Tasmania	32 856	35 386	29 780	51 550
Westaustralien	16 698	89 471	14 552	139 712
Neuseeland	131 461	174 793	190 522	238 767

Gesamteinfuhr, Einfuhr von Eisen, Eisenwaren, Maschinen und Geräten im Jahre 1898 (1897) in 1000 Mark.

Von	Gesamteinfuhr	Eisen und Eisenwaren	Maschinen und Geräte
Viktoria (1897)	272 297	16 255	12 717
Neusüdwales (1898)	498 843	22 186	19 667
Südaustralien (1898)	126 109	8 441	1 833
Queensland (1898)	122 549	2 900	17 487
Tasmania (1898)	27 714	2 691	1 065
Westaustralien (1898)	106 936	14 649	7 195
Neuseeland (1898)	167 903	30 658 (Eisen und Maschinen zusammen)	

Interesse dar. Die Gesamteinfuhr, wie die Einfuhr von Eisen und Maschinen ist allerdings sehr bedeutend, wie die vorstehenden Aufstellungen zeigen.

Australien besitzt indes zahlreiche Eisenerzlager[1]) und es wurden auch bereits vor Jahrzehnten zwei Hochöfen erbaut, um die Erze zu verschmelzen: im Jahre 1859 das Fitzroy-Eisenwerk bei Mittagong an der Western-Railway, und im Jahre 1875 das Lithgow-Eisenwerk an derselben Bahn. Beide hatten keinen Erfolg und gingen wieder ein. Dagegen verarbeitet man seit 1885 in Lithgow Alteisen zu Stabeisen und Blechen, auch wurde zu Ende des Jahrhunderts hier ein Martinofen angelegt[2]).

Neu-Süd-Wales hat bedeutende Kohlenfelder, die auf 70000 qkm geschätzt werden. 1892 zählte man acht Kokereien und vier Kohlenwäschen.

---

[1]) Stahl und Eisen 1902, S. 350. — [2]) A. a. O., S. 682.

Weltproduktion.

Übersichten der Erzeugung aller Länder seit 1870.

Übersicht der Mineralkohlenerzeugung der Erde von 1870 bis 1899 in Kilotonnen.

Jahr	Grofsbritannien	Nordamerika	Deutschland	Österreich-Ungarn	Frankreich	Belgien	Rufsland	Übrige Länder
1870	112 180	33 394	34 002	8 356	13 180	13 697	677	986
1875	135 418	47 427	47 803	13 056	16 956	15 011	1 710	2 393
1880	149 297	64 834	59 116	14 800	19 212	16 867	3 238	3 285
1885	161 875	100 638	73 673	20 435	19 510	17 438	4 208	6 866
1890	184 491	143 104	89 109	27 503	26 082	20 366	6 019	10 928
1895	192 687	179 593	103 958	27 250	27 801	20 458	9 098	18 484
1899	223 606	234 532	135 823	38 740	32 331	22 072	15 000	21 146

Steinkohlenförderung 1894 bis 1899 in Kilotonnen.

(Nach E. Schrödter.)

	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1899 nach anderen Angaben
Deutschland	98 805	103 958	111 471	120 471	127 959	135 823 [1]	101 622
Grofsbritannien	191 290	192 687	198 478	205 353	205 275	223 606	236 950 [2]
Vereinigte Staaten	154 188	179 593	175 363	179 819	199 548	234 532	225 000
Österreich-Ungarn [1]	26 905	27 250	33 676	35 939	37 577	35 000 [2]	38 740 (12 500)
Frankreich	26 964	27 801	28 870	30 278	31 908	32 331	32 331
Belgien	20 534	20 458	21 252	21 492	22 088	22 072	21 918
Rufsland	8 768	9 098	9 578	9 750	12 862	15 000 [2]	12 185
Australien	4 975	4 772	5 410	5 952	6 000 [2]	6 199	—
Kanada	3 496	3 187	3 398	3 562	3 600 [2]	4 077	—
Japan	4 329	4 844	5 100	5 648	6 000 [2]	5 500	5 500
Indien	2 671	2 050	3 910	4 128	4 136	—	China 3000
Spanien	1 659	1 774	1 853	2 019	2 467	2 742	2 672
Afrika	1 015	1 402	1 788	2 003	2 000 [2]	2 000 [2]	Transvaal 1500 (Chile 500)
Italien	271	250	276	314	341	389	Mexiko 500
Schweden	214	205	226	224	236	239	250

Gesamtförderung in Kilotonnen.

1870	216 472	1890	507 599
1880	330 649	1899	719 510

[1]) Einschliefslich Braunkohlen. — [2]) Geschätzt.

Förderung von Eisenerzen in Kilotonnen.

	1870	1875	1880	1885	1888	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899
Deutschland	3 839	4 730	7 239	9 158	10 664	11 406	10 657	11 529	11 458	12 392	12 350	14 162	15 465	15 901	17 990
Großbritannien	14 601	16 074	18 314	15 665	14 824	14 001	12 992	11 494	11 383	12 568	12 817	13 920	14 008	10 299	9 888
Österreich-Ungarn	1 135	1 103	1 143	1 583	1 644	2 154	2 107	1 914	2 0[illegible]6	2 115	2 940	2 718	3 335	3 341	3 313
Frankreich	2 900	2 509	2 874	2 318	2 842	3 472	3 579	3 707	3 517	3 772	3 680	4 062	4 582	4 731	4 800
Belgien	654	386	253	187	186	173	202	210	239	311	313	307	304	217	201
Rußland	799	1 064	1 024	1 094	1 434	1 796	1 999	2 044	2 195	2 487	2 927	3 130	4 024	4 871	—
Schweden	630	822	775	873	960	941	987	1 300	1 484	1 927	1 905	2 039	2 086	2 303	2 420
Italien	74	234	289	201	177	221	216	214	191	188	183	204	201	201	237
Spanien	437	497	3 565	3 933	5 910	6 065	5 123	5 041	5 419	5 352	5 514	6 808	7 468	7 126	9 344
Griechenland	—	—	—	83	123	210	180	244	189	280	343	416	443	503	—
Andere Länder Europas	15	24	62	29	30	22	30	24	32	40	44	54	50	50	—
Zusammen Europa	25 084	27 443	35 538	35 124	38 794	40 461	38 072	37 721	38 193	41 432	42 416	47 820	51 966	49 543	—
Vereinigte Staaten von Amerika	3 080	4 080	7 234	7 782	12 256	16 263	14 825	16 557	11 773	12 070	16 213	17 542	17 798	19 745	25 000
Kanada	—	—	—	42	71	69	63	94	113	100	93	83	50	53	69
Kuba	—	—	—	82	201	368	271	347	369	153	392	551	500	167	369
Andere Staaten Amerikas	—	—	—	—	—	40	50	72	63	70	70	70	75	75	75
Zusammen Amerika	3 080	4 080	7 234	7 906	12 528	16 740	15 209	17 070	12 318	12 393	16 768	18 246	18 423	20 040	25 513
Asien	5	5	10	10	20	90	90	200	100	100	100	100	100	100	—
Afrika	85	557	614	419	384	475	405	483	394	344	318	374	441	473	—
Insgesamt	28 251	32 085	43 396	43 459	51 726	57 766	53 776	55 474	51 005	54 269	59 602	66 540	70 930	70 156	—

Erzeugung von Eisenerz und Steinkohlen um 1890 in Tonnen.

(Nach Swank.)

	Jahr	Eisenerz	Steinkohlen
Vereinigte Staaten von Nordamerika . .	1890	18 000 000	126 097 779
Grofsbritannien	1890	13 780 767	181 614 288
Deutschland (mit Luxemburg)	1890	11 409 625	89 051 527
Frankreich	1887	2 579 465	25 836 953
Belgien	1889	202 431	20 343 495
Österreich-Ungarn	1890	2 200 000	25 326 417
Rufsland	1888	1 433 513	6 228 000
Schweden	1890	941 241	258 000
Spanien	1888	4 500 000	1 303 119
Italien	1889	173 489	390 320
Kanada	1890	68 313	2 783 626
Andere Länder (einschl. Kuba)	1890	2 000 000	11 200 000
Zusammen	—	57 288 844	490 433 524

Roheisenerzeugung der Erde in Kilotonnen.

	1870	1871	1872	1873	1874	1875	1876	1877	1878	1879
England	6060	6697	6812	6635	6054	6432	6624	6677	6366	6072
Deutschland	1391	1564	1988	2241	1906	2029	1846	1907	2148	2227
Frankreich	1173	860	1218	1367	1423	1416	1453	1522	1508	1400
Belgien	565	609	656	607	533	540	490	470	519	389
Österreich-Ungarn .	403	425	460	535	509	463	400	388	434	404
Rufsland	360	359	399	384	380	427	442	400	416	489
Schweden	300	299	340	346	328	351	353	350	350	343
Italien	14	16	24	28	29	29	19	16	19	12
Spanien	54	53	56	43	40	37	40	50	60	70
Übrige Länder Europas	35	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Zusammen Europa	10355	10922	11993	12226	11242	11764	11707	11820	11860	11446
Vereinigte Staaten von Nordamerika . . .	1691	1734	2589	2601	2430	2056	1899	2099	2338	2785
Übrige Länder der Erde	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Insgesamt Roheisenerzeugung der Erde	12146	12756	14682	14927	13772	13920	13706	14019	14298	14331

Roheisenerzeugung der Erde in Kilotonnen (Fortsetzung).

	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889
England	7802	8465	8582	8579	7651	7369	7124	7683	8129	8458
Deutschland	2729	2914	3381	3470	3600	3687	3528	4024	4337	4524
Frankreich	1733	1886	2033	2067	1871	1630	1516	1568	1683	1734
Belgien	608	625	727	730	751	713	702	756	827	832
Österreich-Ungarn	464	544	612	699	734	715	720	704	790	855
Rufsland	446	450	470	500	510	528	533	613	668	740
Schweden	406	435	399	423	430	464	442	457	457	421
Italien	17	28	25	25	18	16	12	12	12	13
Spanien	86	86	90	90	124	159	58	288	252	198
Übrige Länder Europas	40	40	40	40	50	50	50	50	50	50
Zusammen Europa	14331	15473	16359	16623	15739	15331	14685	16155	17205	17825
Vereinigte Staaten von Nordamerika	3896	4210	4697	4668	4165	4111	5776	6522	6595	7872
Übrige Länder der Erde	100	100	100	200	300	350	300	300	210	330
Insgesamt Roheisenerzeugung der Erde	18327	19783	21156	21491	20204	19792	20761	22977	24010	26027

	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900
England	8033	7525	6817	6939	7546	7827	8798	8937	8820	9454	9052
Deutschland	4658	4641	4937	4986	5380	5465	6373	6881	7313	8142	8520
Frankreich	1962	1897	2023	2032	2077	2015	2334	2484	2525	2567	2699
Belgien	788	684	753	760	811	829	959	1035	979	1030	1019
Österreich-Ungarn	965	922	940	982	1072	1128	1218	1308	1427	1427	1475
Rufsland	927	1005	1073	1150	1334	1453	1622	1882	2223	2783	2925
Schweden	456	491	485	453	463	463	494	531	532	560	527
Italien	14	12	13	8	10	9	7	8	12	10	12
Spanien	171	278	247	260	224	206	246	282	262	296	294
Übrige Länder Europas	50	50	50	20	20	20	16	22	20	20	20
Zusammen Europa	18024	17505	17338	17590	18937	19415	22067	23370	24113	26289	26543
Vereinigte Staaten von Nordamerika	9353	8413	9304	7239	6763	6597	8761	9807	11962	13839	14010
Übrige Länder der Erde	250	300	300	300	350	375	395	450	545	457	450
Insgesamt Roheisenerzeugung der Erde	27627	26218	26942	25129	26040	29387	31223	33627	36620	40585	41003

Digitized by Google

Roheisenproduktion der Erde in den Jahren 1876, 1899, 1900 in Tonnen und Prozenten.

	1876		1899		1900	
	Tonnen	Prozent	Tonnen	Prozent	Tonnen	Prozent
Grofsbritannien	6 381 051	44,74	9 454 204	23,40	9 052 107	22,10
Vereinigte Staaten	2 301 215	16,13	13 838 634	34,20	14 099 870	34,40
Deutschland	2 147 641	15,06	8 029 305	19,80	8 351 742	20,40
Frankreich	1 521 274	10,67	2 578 400	6,40	2 699 424	6,60
Belgien	518 646	3,64	1 024 576	2,50	1 018 507	2,50
Österreich-Ungarn	434 250	3,04	1 323 000	3,30	1 350 000	3,30
Rufsland	417 239	2,90	2 670 937	6,60	2 850 000	6,90
Schweden	340 858	2,39	497 727	1,20	520 600	1,30
Spanien	60 000	0,40	299 765	0,70	294 118	0,70
Italien	20 000	0,14	19 218	0,10	18 750	0,10
Kanada } Andere Länder	120 000	0,89				
Kanada			95 582	0,20	87 647	0,20
Andere Länder			650 000	1,60	625 000	1,50
Zusammen	14 262 174	100,00	40 481 348	100,00	40 967 765	100,00

Anteil der Länder an der Weltproduktion in Prozenten.

	1873	1875	1881	1890	1900
Grofsbritannien	44,27	45,2	42,6	29,3	22,1
Vereinigte Staaten	17,27	18,1	21,3	34,1	34,4
Deutschland (mit Luxemburg)	14,57	12,1	14,9	17,0	20,4
Frankreich	9,00	10,3	9,4	7,3	6,6
Österreich-Ungarn	3,55	2,7	2,5	3,5	3,3
Belgien	4,04	4,3	3,3	2,9	2,5
Rufsland	2,55	2,7	2,4	2,9	6,9
Schweden	2,39	2,3	2,2	1,7	1,3
Übrige Staaten	2,36	2,3	1,4	1,3	2,5
	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0

Roheisenerzeugung in Kilogramm pro Kopf.

	1873	1882	1899
Grofsbritannien	209,8	244,00	230,6
Vereinigte Staaten	66,8	93,00	184,5
Deutschland (mit Luxemburg)	55,1	74,80	150,8
Frankreich	37,0	54,00	65,8
Belgien	119,4	131,00	147,1
Österreich } Ungarn	14,8		30,4
Österreich		19,00	
Ungarn		11,00	
Rufsland	5,4	5,00	21,1
Schweden	81,4	87,00	112,0
Italien	2,7	7,00	0,3
Spanien	3,4	—	—
Schweiz	2,6	3,00	—
Griechenland	—	1,00	—
Kanada	5,4	5,00	—
Japan	0,3	0,10	—
Asien	0,5	0,12	—
Afrika	0,1	0,10	—
Südamerika	2,5	—	—
Australien	2,3	2,70	—

Digitized by Google

Erzeugungskosten 1897 in Mark pro Tonne.

	England (Cleveland)	Deutschland (Westfalen)	Belgien (Lüttich)	Frankreich (Loire)	Spanien (Bilbao)	Vereinigte Staaten (Pittsburgh)
Eisenerze	30,240	32,256	32,256	38,304	12,096	26,796
Koks	13,356	14,112	14,616	13,608	21,168	6,048
Kalk	2,016	1,512	1,512	1,512	1,512	1,512
Arbeit	2,772	3,024	3,528	3,276	3,780	2,520
Unkosten	1,512	1,512	1,512	1,512	1,512	1,008
Zusammen	49,896	52,416	53,424	58,212	40,068	37,884

Schweifseisenproduktion der Erde in Kilotonnen.

	1870	1873	1879	1880	1882	1887	1888
Grofsbritannien	2600	2500	1700	2000	2470	1701	2031
Deutschland	932	1310	1216	1359	1586	1625	1644
Frankreich	670	940	875	985	1088	649	862
Belgien	491	480	410	488	500	604	544
Österreich-Ungarn	232	260	175	221	310	300	300
Rufsland	254	255	280	292	298	484	479
Schweden	260	290	290	290	305	256	253
Italien	40	40	40	40	100	173	177
Spanien	50	50	50	50	56	36	52
Vereinigte Staaten v. Nordamerika	1170	1666	1850	2115	2362	2180	2014
Sonstige Länder	50	50	50	60	60	60	60
Zusammen	6749	7841	6936	7900	9135	8068	8416

	1889	1890	1891	1892	1894	1897
Grofsbritannien	2254	1744	1762	1586	1360	1328
Deutschland	1750	1559	1412	1363	1139	1111
Frankreich	809	825	833	829	809	829
Belgien	577	550	497	479	453	475
Österreich-Ungarn	300	190	191	191	189	19 [1])
Rufsland	431	400	448	451	459	502 [1])
Schweden	275	226	208	235	147	156
Italien	182	176	153	124	142	160
Spanien	52	64	90	122	54	81
Vereinigte Staaten v. Nordamerika	2158	2652	2443	2137	? [2])	?
Sonstige Länder	60	60	60	60	50	50
Zusammen	8848	8446	8097	7577	(4802)	(4711)

Flufsmetall der Erde in Tonnen.

1865	392 365	1874	1 580 143	1883	5 828 118	1892	12 035 052
1866	425 003	1875	1 911 392	1884	5 645 839	1893	11 494 793
1867	459 142	1876	2 224 599	1885	5 921 885	1894	12 854 664
1868	526 432	1877	2 499 852	1886	7 176 668	1895	15 363 061
1869	620 323	1878	3 041 546	1887	9 184 968	1896	16 802 701
1870	673 343	1879	3 281 715	1888	9 614 869	1897	18 888 354
1871	893 420	1880	4 192 008	1889	10 280 029	1898	23 866 308
1872	1 183 366	1881	5 362 832	1890	11 631 632	1899	26 848 755
1873	1 378 090	1882	6 686 898	1891	11 132 030	1900	27 859 882

[1]) 1896. — [2]) Die amerikanische Statistik führt Schweifseisen nicht mehr für sich auf, sondern mit weichem Flufseisen zusammen als Walzeisen.

Digitized by Google

(Bis 1899 nach E. Schrödter in Stahl u. Eisen 1897, S. 338, und Gemeinfafsliche Darstellung des Eisenhüttenwesens, 4. Aufl., 1901, S. 75.)

Jahr	Deutschland einschl. Luxemburg[1])	Vereinigte Staaten	Grofsbritannien	Frankreich	Belgien	Österreich-Ungarn	Rufsland	Schweden	Italien	Spanien
1865	99 543	13 848	225 000	40 571	650	3 879	3 879	5 000	—	—
1866	114 434	17 216	235 000	37 764	1 050	8 607	3 932	7 000	—	—
1867	122 591	19 963	245 000	46 467	1 575	8 275	6 271	9 000	—	—
1868	122 837	27 223	260 000	80 564	1 928	11 053	9 327	13 500	—	—
1869	161 319	31 760	275 000	110 227	2 940	18 727	7 200	13 150	—	—
1870	169 951	68 057	286 797	94 386	4 321	28 991	8 647	12 193	—	—
1871	250 947	74 710	410 585	86 125	7 453	47 700	7 132	8 551	—	217
1872	285 582	145 289	497 987	141 704	15 079	73 123	8 254	15 876	—	272
1873	310 425	202 075	588 437	150 529	21 657	80 259	8 807	15 685	—	216
1874	361 946	219 250	643 317	208 787	37 683	87 166	9 511	21 312	—	171
1875	347 336	396 165	723 605	256 393	54 420	97 705	14 252	19 367	—	149
1876	366 140	541 900	851 659	241 842	76 524	114 783	19 749	21 002	—	—
1877	411 156	578 921	904 507	269 181	104 182	116 117	48 793	16 995	—	—
1878	489 151	743 931	1 117 930	312 921	124 195	129 416	104 766	19 336	—	—
1879	478 344	950 550	1 029 522	333 265	111 275	124 888	233 471	20 400	—	—
1880	624 418	1 267 700	1 320 561	388 894	132 052	134 218	295 568	28 597	—	—
1881	840 224	1 614 258	1 808 728	422 416	141 640	188 361	293 323	38 252	3 630	—
1882	1 003 406	1 765 070	2 245 666	458 238	182 627	239 772	247 669	41 000	3 450	—
1883	859 813	1 708 865	2 041 624	521 820	179 489	289 624	221 883	45 000	—	—
1884	862 529	1 576 210	1 891 985	502 908	187 066	258 917	206 965	74 241	4 645	373
1885	893 742	1 739 883	2 020 450	553 839	155 012	278 783	192 895	80 550	6 370	361
1886	954 586	2 604 355	2 403 214	427 589	164 045	259 967	241 791	77 118	23 760	20 261
1887	1 163 884	3 393 640	3 196 778	493 294	229 321	299 192	225 497	110 100	73 262	?
1888	1 298 574	2 933 260	3 774 670	517 294	243 647	392 813	222 289	114 537	117 785	?
1889	1 425 439	3 441 037	3 605 346	529 302	261 397	416 512	258 745	135 227	157 899	48 125
1890	1 613 783	4 346 932	3 637 381	581 998	221 296	499 600	378 424	169 287	107 676	75 255
1891	1 841 063	3 968 010	3 207 994	638 530	243 729	480 555	433 478	172 774	75 925	69 972
1892	1 976 735	5 001 494	2 966 522	682 001	260 037	505 074	371 199	158 958	56 543	56 490
1893	2 231 873	4 084 305	2 983 000	664 032	273 113	560 891	389 238	164 761	71 380	71 200
1894	2 608 313	4 482 592	3 260 453	674 190	405 661	649 058	492 874	167 835	54 614	70 000
1895	2 830 468	6 212 671	3 312 115	714 523	454 619	732 186	574 112	197 177	55 000	65 000
1896	3 462 736	5 366 518	4 306 211	1 159 970	598 755	868 834	625 000	250 600	59 500	104 577
1897	3 863 469	7 289 300	4 559 736	1 281 595	616 604	860 000	831 000	268 300	57 250	121 100
1898	5 734 807	9 075 783	4 639 042	1 441 633	653 130	860 000	1 095 000	263 987	58 750	112 605
1899	6 290 434	10 709 209	4 933 010	1 529 182	731 249	950 000	1 494 000	272 480	61 500	122 954
1900	6 645 869[2])	10 689 640	4 904 232	1 660 118	654 827	945 200	1 830 260	300 536	104 200	125 000

[1]) Für Deutschland und Luxemburg Erzeugung von Flufsstahlfabrikaten, für die übrigen Länder Erzeugung von Rohstahl. — [2]) Rohblöcke und Stahlformgufs.

Digitized by Google

Flufseisenerzeugung in den Jahren 1899 und 1900 in Tonnen und Prozenten.

	1899		1900	
	Tonnen	Prozent	Tonnen	Prozent
Grofsbritannien	4 933 010	18,2	4 979 471	18,2
Vereinigte Staaten	10 736 806	39,7	10 382 069	37,9
Deutschland	6 290 434	23,3	6 645 869	24,3
Österreich-Ungarn	660 000	2,4	675 000	2,5
Belgien	731 249	2,7	654 827	2,4
Frankreich	1 529 182	5,7	1 624 048	5,9
Italien	60 250	0,2	58 000	0,2
Rufsland	1 321 328	4,9	1 500 000	5,5
Spanien	117 650	0,4	150 634	0,5
Schweden	272 480	1,0	290 900	1,1
Andere Länder	400 000	1,5	400 000	1,5
Zusammen	27 052 389	100,0	27 360 818	100,0

Erzeugung von basischem Flufsstahl seit 1880 in Kilotonnen.

Jahr	Grofs-britannien	Vereinigte Staaten	Deutschland	Übrige Länder	Zusammen
1880	10 160	—	18 180	22 460	50 800
1881	46 857	—	200 000	94 513	341 370
1882	111 107	—	235 132	110 954	457 193
1883	124 328	—	328 909	191 285	644 522
1884	181 865	—	440 000	255 959	877 824
1885	148 038	—	548 252	263 051	959 341
1886	262 601	—	784 212	287 835	1 334 648
1887 [1]	435 046	—	1 167 702	446 323	2 049 071
1888	415 131	—	1 168 400	400 954	1 984 485
1889	574 677	—	1 341 120	437 523	2 353 320
1890	511 454	—	1 727 200	457 200	2 695 854
1891	443 242	—	2 184 400	467 360	3 095 002
1892	413 348	—	2 661 920	472 440	3 547 708
1893	346 464	749 696	2 875 280	528 320	4 499 760
1894	508 288	797 494	3 293 132	508 000	5 106 914
1895	600 990	1 155 376	3 595 830	518 160	5 870 356
1896	639 621	1 319 299	4 366 216	543 560	6 868 696
1897	729 745	1 634 409	4 611 285 (5 065 896)	609 215	7 584 654
1898	731 745	2 265 976	4 130 950	670 560	7 799 231
1899	825 060	2 641 600	5 757 722	939 859	10 164 241

[1]) Von Grofsbritannien und Deutschland nur die Thomasstahlerzeugung angegeben.

d by Google

Basische Stahlerzeugung der sechs leitenden Industrieländer 1899 in Tonnen.

	Bessemerstahl	Martinstahl	Zusammen
Grofsbritannien	525 657	299 403	825 060
Vereinigte Staaten	—	2 000 000	2 000 000
Deutschland	3 973 225	1 693 825	5 667 050
Belgien	—	95 000	95 000
Frankreich	535 059	—	535 059
Österreich-Ungarn	125 000	170 000	295 000
Zusammen	5 158 941	4 258 228	9 417 169

Erzeugung von saurem Flufsstahl in Tonnen.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1865	392 365	1885	4 962 544	1893	6 995 033
1870	673 343	1886	5 842 038	1894	7 747 750
1875	1 911 392	1887	7 430 081	1895	9 492 705
1880	4 141 208	1888	7 630 384	1896	9 934 005
1881	5 021 462	1889	7 926 709	1897	11 303 700
1882	5 729 705	1890	8 935 778	1898	13 893 530
1883	5 183 596	1891	8 037 028	1899	15 680 250
1884	4 768 015	1892	8 487 344		

Erzeugung von Bessemerstahl (saures Konverterflufseisen) nach Ländern in Kilotonnen.

	1870	1877	1880	1889	1890	1896
Grofsbritannien	215,0	762,0	1061,1	1320,0	2015,0	1379,0
Deutschland	125,0	390,0	686,0	933,0	503,0	351,5
Frankreich	83,0	218,0	384,0	454,0	354,0	—
Österreich-Ungarn	29,0	104,1	105,7	206,5	287,7	120,1
Belgien	6,0	75,0	95,0	170,0	260,0	—
Rufsland	—	8,6	?	?	79,7	42,4
Schweden	6,6	22,0	35,3	53,1	94,2	92,5
Italien	—	—	—	6,4	157,9	—
Spanien	—	—	—	—	63,0	—
Vereinigte Staaten	38,0	534,0	1091,0	1397,0	3746,0	—
Zusammen	502,6	2113,7	3458,1	4540,0	7560,5	—

Erzeugung von basischem Martinstahl.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1880	800	1885	14 024	1890	92 771
1881	5 370	1886	21 017	1891	114 449
1882	7 193	1887	25 000 [1])	1892	345 048
1883	10 151	1888	31 251	1893	861 204
1884	13 824	1889	78 768	1899	4 258 228

[1]) Geschätzt.

Ein- und Ausfuhr der wichtigsten Staaten Europas und der Vereinigten Staaten von Nordamerika.

(Nach Dr. Reutzsch.)

	Einfuhr						Ausfuhr					
	Deutschland	Österreich-Ungarn	Frankreich[1])	Grofsbritannien	Belgien	Vereinigte Staaten	Deutschland	Österreich-Ungarn	Frankreich[1])	Grofsbritannien	Belgien	Vereinigte Staaten
1891 in Tonnen:												
Eisenerze	1 408 025	68 121	1 437 527	3 180 543	1 500 915	—	1 984 428	88 059	298 550	—	189 739	—
Roheisen u. Halbfabrikate	249 966	59 655	197 894	196 724	101 982	—	212 745	10 335	224 401	951 111	23 953	—
Eisen uud Stahlfabrikate	78 518	29 517	34 633	85 852	32 418	—	947 739	35 110	94 396	2 288 924	363 517	—
Maschinen	42 958	28 827	Frcs. 55 370 849	?	15 378	—	91 281	9 025	Frcs. 43 432 827	£ 15 830 316	26 104	—
1899 in Tonnen:												
Eisenerze	4 165 372	212 412	1 950 665	7 055 178	2 620 750	—	3 119 878	326 834	291 346	—	318 484	—
Roheisen u. Halbfabrikate	677 134	126 370	181 476	248 706	432 920	—	258 632	27 737	535 463	1 824 276	45 935	—
Eisen- u. Stahlfabrikate	160 643	35 559	60 626	396 324	76 986	—	1 244 303	80 239	124 390	1 893 340	648 586	—
Maschinen	95 810	44 168	86 738	£ 3 960 920	34 354	—	226 492	17 222	42 317	£ 19 650 881	41 341	—
1900 in Kilotonnen:												
Eisenerze	4108	233	2119	6298	2530	904	3249	263	372	—	421	—
Roheisen u. Halbfabrikate	727	73	146	181	306	53	129	24	114	1429	8	288
Eisen- u. Stahlfabrikate	153	36	122	618	108	137	1347	120	121	2021	536	851
Maschinen	101	49	110	Mill. Mark 73,4	45	Mill. Mark 16,8	242	18	42	Mill. Mark 392,4	44	Mill. Mark 223,6

[1]) Einschliefslich titres d'acquits.

Produktion in Kilotonnen, Ein- und Ausfuhr der Hauptstaaten Europas und der Vereinigten Staaten im prozentalen Verhältnis zur Produktion 1890 und 1899.

	Deutschland		Österr.-Ungarn		Frankreich	
	1890	1899	1890	1899	1890	1899
Roheisen:						
Produktion in Kilotonnen . . .	4658,5	8142	946	1427	1962	2567
Einfuhr in Prozenten	8,7	7,5	8,6	7,2	8,4	4,5
Ausfuhr in Prozenten	3,9	2,2	2,3	1,1	17,2	7,2
Eisen- und Stahlfabrikate:						
Produktion in Kilotonnen . . .	4851,4	7738	885	935	1407	2096
Einfuhr in Prozenten	1,8	2,1	3,0	3,9	2,4	2,9
Ausfuhr in Prozenten	16,0	16,1	4,3	8,5	11,7	6,0

	Grofsbritannien		Belgien		Vereinigte Staaten
	1890	1899	1890	1899	1899
Roheisen:					
Produktion in Kilotonnen . . .	8030	9494	830	1030	13839
Einfuhr in Prozenten	2,0	1,8	31,3	34,8	0,4
Ausfuhr in Prozenten	16,1	14,5	2,8	1,3	1,7
Eisen- und Stahlfabrikate:					
Produktion in Kilotonnen . . .	5250	6562	1075	1492	10523
Einfuhr in Prozenten	1,9	6,1	3,8	5,2	1,7
Ausfuhr in Prozenten	51,5	28,9	43,3	43,5	7,2

Ein- und Ausfuhr 1900 nach Wert in 1000 Mark.

	Eisen und Eisenwaren		Maschinen, Fahrzeuge, Instrumente	
	Einfuhr	Ausfuhr	Einfuhr	Ausfuhr
Deutschland	137 412	479 609	109 709	315 973
Österreich-Ungarn	32 259	47 332	66 884	37 621
Frankreich	88 024	96 497	128 437	78 048
Grofsbritannien	146 303	640 343	92 333	501 206
Belgien	41 005	116 561	42 204	98 216
Italien	59 334	1 758	39 978	30 251
Schweiz	57 810	6 214	29 106	39 609
Niederlande	61 204	23 110	34 811	20 992
Spanien	27 411	3 987	110 521	844
Schweden	10 285	42 172	21 166	11 789
Rufsland	54 213	1 888	39 905	2 174
Vereinigte Staaten	70 183	263 349	8 086	270 128
Kanada	80 301	1 028	14 101	3 221

Ein- und Ausfuhr im prozentalen Verhältnis zur Produktion.

(Nach Rentzsch.)

	Roheisen			Eisen- und Stahlfabrikate		
	Produktion in Tonnen	Einfuhr in Prozenten	Ausfuhr in Prozenten	Produktion in Tonnen	Einfuhr in Prozenten	Ausfuhr in Prozenten
Deutschland:						
1890	4 658 451	8,7	3,9	4 851 359	1,8	16,0
1895	5 466 000	3,7	5,2	6 201 000	0,9	20,1
1898	7 233 000	5,6	4,3	7 273 000	1,5	18,1
1900	8 520 000	8,5	1,5	7 632 000	2,0	17,6
Grofsbritannien:						
1890	8 030 000	2,0	16,1	etwa 5 250 000	1,9	51,5
1895	8 022 000	0,1	14,6	4 889 000	6,2	34,1
1898	8 795 000	2,3	16,1	6 253 000	6,3	29,3
1900	9 052 000	2,0	15,8	6 438 000	9,6	31,4
Frankreich:						
1890	1 962 000	8,4[1]	17,2	1 407 000	2,4	11,7
1895	2 006 000	5,7	9,2	1 503 000	2,1	4,9
1898	2 472 000	3,7	8,2	1 952 000	1,9	4,8
1900	2 699 000	5,4	4,2	2 010 000	6,1	6,0
Österreich-Ungarn:						
1890	946 000	8,6	2,3	etwa 885 000	3,0	4,3
1895	1 025 000	17,1	1,0	487 000	11,2	5,9
1898	1 350 000	12,9	1,2	880 000	6,2	5,2
1900	1 475 000	4,9	1,6	989 000	3,6	12,1
Belgien:						
1890	830 000	31,3	2,8	1 075 000	3,8	43,3
1895	829 000	32,3	2,9	1 101 000	3,9	48,5
1898	980 000	40,3	4,1	1 402 000	4,7	47,4
1900	1 019 000	30,0	0,8	1 458 000	7,4	36,8
Vereinigte Staaten:						
1899	13 839 000	0,3	1,7	10 523 000	1,4	6,6
1900	14 010 000	0,4	2,1	10 240 000	7,4	8,3

[1]) Einschliefslich titres d'acquits.

d by Google

Inländischer Eisenverbrauch 1890 in Kilotonnen.

	Deutschland	Grofsbritannien	Frankreich	Österreich-Ungarn	Belgien	Schweden	Italien	Rufsland	Schweiz	Nordamerika
Einwohnerzahl in Millionen	49,0	37,5	38,8	41,9	6,0	4,9	31,0	110,0	3,0	63,5
1. Hochofenproduktion	4658	8030	1970	946	830	421	23	716	1	9348
2. Einfuhr:										
a) Roheisen aller Art, Brucheisen	406	?	20	81	264	?	298		54	184
b) Materialeisen und Stahl, grobe Eisen- und Stahlwaren, einschl. Maschinen aus Eisen	143	—	—	56	55	?	175	etwa 140	121	525
Zuschlag zu letzterem behufs Reduktion auf Roheisen 33⅓ Prozent	48	—	—	19	19	—	59		40	175
Zusammen Einfuhr	597	—	—	156	338	—	532	140	215	884
Insgesamt Produktion und Einfuhr	5255	—	—	1102	1168	—	555	886	216	10232
3. Ausfuhr:										
a) Roheisen aller Art, Brucheisen	182	1145	171	22	23	60	—		—	19
b) Materialeisen und Stahl, grobe Eisen- und Stahlwaren, einschl. Maschinen aus Eisen	864	—	—	47	550	220	—	etwa 6	27	46
Zuschlag 33⅓ Prozent	288	—	—	16	183	73	—		9	16
Insgesamt Ausfuhr	1331	1145	171	85	756	353	—	6	36	81
Einheimischer Verbrauch (1 + 2 — 3)	3921	—	—	1017	412	—	—	880	180	10151
Pro Kopf Kilo	80,0	—	—	24,3	68,7	—	—	8,0	60,0	159,8
Eigene Produktion pro Kopf Kilo	95,1	214,1	50,8	22,6	138,3	85,9	0,7	6,8	0,3	147,2

Eisenverbrauch 1900 mit Berücksichtigung der Ein- und Ausfuhr in Kilotonnen (nach Dr. Rentzsch).

	Deutschland	Grofsbritannien	Frankreich	Österreich-Ungarn	Belgien	Schweden	Italien	Rufsland	Nordamerika
Einwohnerzahl in Millionen	56	41	38	47	7	5	32	132	80
1. Hochofenproduktion	8520	9052	2699	1475	1019	527	12	2926	14010
2. Einfuhr:									
a) Roheisen aller Art, Brucheisen	827	181	317	91	368	54	358	53	88
b) Materialeisen, Eisen- und Stahlwaren, einschl. Maschinen	254	618	213	85	173	69	198	332	162
Zuschlag zu letzterem behufs Reduktion auf Roheisen 33⅓ Prozent	85	206	71	28	58	23	66	111	54
Zusammen Einfuhr	1166	1005	601	204	599	146	622	496	304
Insgesamt Produktion und Einfuhr	9686	10057	3300	1679	1618	673	634	3422	14314
3. Ausfuhr:									
a) Roheisen aller Art, Brucheisen	190	1524	480	38	52	90	—	—	335
b) Materialeisen, Eisen- und Stahlwaren, einschl. Maschinen	1589	2321	142	138	683	217	42	4	903
Zuschlag 33⅓ Prozent	530	774	47	46	228	72	14	1	301
Zusammen Ausfuhr	2309	4619	669	222	963	379	56	5	1539
Einheimischer Verbrauch (1 + 2 — 3)	7377	5438	2631	1457	655	294	578	3417	12775
Pro Kopf Kilo	131,7	132,6	69,3	31,0	93,6	58,8	18,1	25,9	159,7
Eigene Produktion pro Kopf Kilo	152,1	220,8	71,0	31.4	145,6	105,4	0,4	22,2	175,1

Eisenerzeugung pro Kopf der Bevölkerung in Kilogramm.

	1873	1882		1873	1882
Grofsbritannien	209,8	244,0	Spanien	3,4	7,00
Deutschland	48,3	66,0	Schweiz	2,6	3,00
Luxemburg	1303,1		Griechenland	—	1,00
Frankreich	37,8	54,0	Vereinigte Staaten	66,8	93,00
Belgien	119,4	131,0	Kanada	5,4	5,00
Österreich	14,8	19,0	Südamerika	2,5	—
Ungarn		11,0	Japan	0,1	0,10
Rufsland	5,4	5,0	Übriges Asien		0,12
Schweden	81,4	87,0	Afrika	0,1	0,10
Italien	2,7	3,0	Australien	2,3	2,70

Eisenverbrauch 1884 pro Kopf der Bevölkerung in Kilogramm.

Deutschland	70,4	**Österreich-Ungarn**	20,0
Grofsbritannien	121,0	**Belgien**	94,0
Frankreich	58,0	**Vereinigte Staaten**	88,0

Eisenverbrauch und -produktion pro Kopf der Bevölkerung in Kilogramm.

	1890		1895		1898		1900	
	Verbrauch	Erzeugung	Verbrauch	Erzeugung	Verbrauch	Erzeugung	Verbrauch	Erzeugung
Deutschland	80,0	95,1	70,6	105,5	106,0	136,7	131,7 [163,0][1]	152,1
Grofsbritannien	137,5	214,1	119,4	205,7	130,1	217,7	132,6 (190,0)	220,8
Frankreich	58,0	50,8	49,0	51,4	60,4	65,3	69,3 (70,0)	71,0
Österreich-Ungarn	24,3	22,6	29,1	23,4	33,9	29,4	31,0 (33,0)	31,4
Belgien	68,7	138,3	64,0	127,5	81,1	150,8	93,6 (188,0)	145,6
Schweden	—	85,9	?	94,2	76,4	122,0	68,8 (99,0)	105,4
Italien	—	0,7	14,0	0,5	?	0,3	18,1	0,4
Rufsland	8,0	6,8	15,8	12,0	21,4	17,5	25,9 (26,0)	22,2
Schweiz	60,0	0,3	79,7	0,3	—	0,3	47,0	—
Vereinigte Staaten von Nordamerika	159,8	147,2	134,9	137,1	164,8	161,6	159,7 (172,0)	175,1

[1]) Die eingeklammerten Zahlen ohne Berücksichtigung der Ein- und Ausfuhr von Eisenfabrikaten und Maschinen (Stahl und Eisen 1901, S. 1324).

Eingangszoll für 100 kg in Mark in den Jahren 1875 und 1899.

Land	Roheisen		Stab- und Walzeisen		Eisenbahnschienen		Radbandagen	
	1875	1899	1875	1899	1875	1899	1875	1899
Grofsbritannien	0	0	0	0	0	0	0	0
Deutschland	0	1,00	0	2,50	0	2,50	0	3,00
Frankreich	1,60	1,60	6,00	4,80	7,20	5,60	12,00	8,00
Belgien	0,40	0,24	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Österreich-Ungarn	4,25	1,50	5,00	5.50	5,00	5,50	7,00	8.00
Niederlande	0	5 Proz.[1]	0	5 Proz.	0	5 Proz.	5 Proz.	5 Proz.
Schweiz	0,48	0,08	1,60	0,48	1,60	0,48	3,20	3,20
Dänemark	0	0	1,20	0,50	1,20	0,50	1,20	0,50
Rufsland	0,50	5,76	6,58	9,60	8,84	9,60	29,52	16,60
Italien	0	0,80	3,70	5,20	3,70	4,80	11,10	8,00
Spanien	6,48	1,60	6,48	7,40	6,48	4,80	6,48	8,00
Vereinigte Staaten	2,90	1,68	35 Proz.	5,04	11,20[2])	4,20	45 Proz.	4,20

Eingangszölle für 100 kg in Mark im Jahre 1900.

Land	Roheisen	Stabschienen	Blech	Draht
Belgien	0,24	0.80	0,80	0,80
Dänemark	0	1,10	1,10	1,10
Deutschland	1,00	2,50	3,00	3,00
Frankreich, minimal	1,20	4,00	5,60	5,60
Frankreich, general	1,60	4,80	6,00	6,40
Griechenland	0	0,42	0,42	2,10
Grofsbritannien	0	0	0	0
Italien	0,80	5,20	5,60 bis 9,60	9.60
Niederlande	0	0	0	0
Österreich-Ungarn	1,36	4,67	6,80 bis 10,20	6,80 bis 10,20
Rufsland, zur See	5,85	11,70	16,57 „ 19,50	19,50 „ 29,25
Rufsland, zu Land	6,82			
Schweden	0	0 bis 3,20	3,75 „ 5.00	5,00 „ 10,00
Schweiz	0,08	0,48	2,00	3.20
Spanien, Tarif I	1,92	9,12	10.28 bis 12,48	11,52 bis 15,36
Spanien, Tarif II	1,60	7,60	8,56 „ 10,40	9,60 „ 12,80
Türkei — Ägypten	8 Prozent	8 Prozent	8 Prozent	8 Prozent
Argentinien	5 „	5 „	5 „	5 „
Brasilien	20 „	30 „	30 „	50 „
Kanada	1,05	2,94	2,94	2,94
Mexiko	4,39	6,59	17,56	17.56
Vereinigte Staaten	1,68	5,04 bis 10,08	4,20 bis 8,40	10.60 bis 16,80
Britisch-Indien	1 Prozent	1 Prozent	1 Prozent	1 Prozent
Niederländisch-Indien	0	0	0	0
China	0,10	2,63	2,63	2,63
Japan	0,17	7½ Proz. 0.55 bis 0,75	0,83	10 Prozent 1,40
Australien	0	0	0	0

[1]) Prozent des Wertes.
[2]) 1890: Mark.

Entwickelung der Eisenbahnen der Erde.
Gesamtlänge in Kilometer.

Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
1840	8 632	1875	293 813	1894	687 505
1845	18 923	1880	367 835	1895	700 631
1850	41 897	1885	486 833	1896	716 393
1855	68 796	1890	615 927	1897	733 789
1860	108 626	1891	635 828	1898	752 472
1865	144 054	1892	654 528	1899	772 159
1870	211 109	1893	671 893	1900	798 125

Länge der Eisenbahnen der einzelnen Länder seit 1896 in Kilometern[1]).

Länder	1896	1897	1898	1899	Es trifft Ende 1899 Bahnlänge auf je 100 qkm	Es trifft Ende 1899 Bahnlänge auf je 10 000 Einwohner
I. Europa:						
Deutschland	47 348	48 116	49 560	50 511	9,3	9,7
Österreich-Ungarn	32 180	33 668	35 113	36 275	5,4	8,2
Grofsbritannien	34 221	34 485	34 668	34 868	11,0	8,6
Frankreich	40 949	41 343	41 704	42 211	7,9	10,9
Rufsland	38 612	40 262	42 535	45 998	0,9	4,3
Italien	15 447	15 643	15 715	15 723	5,5	5,0
Belgien	5 777	5 904	6 089	6 914	21,0	9,3
Niederlande (einschl. Luxemburg)	3 129	3 129	3 164	3 189	9,0	6,1
Schweiz	3 563	3 646	3 708	3 769	9,1	12,4
Spanien	12 872	12 916	13 018	13 281	2,6	7,3
Portugal	2 558	2 362	2 362	2 375	2,6	4,7
Dänemark	1 839	1 952	1 981	1 981	7,2	12,3
Skandinavien	11 833	12 121	12 221	12 704	1,7	17,8
Balkanhalbinsel (mit Griechenland)	6 832	6 956	7 142	7 700	1,4	3,8
Übrige Länder	110	110	110	110	10,0	3,4
Zusammen Europa	257 540	263 204	269 744	277 748	2,8	7,3
II. Amerika:						
Vereinigte Staaten	294 088	296 745	299 911	394 576	3,9	41,1
Britisch-Nordamerika	26 183	26 866	27 161	27 755	0,3	52,9
Mexiko	12 158	13 685	13 685	13 685	0,7	10,8
Brasilien	13 023	13 941	14 038	14 798	0,2	8,7
Argentinische Republik	14 462	14 755	15 817	16 114	0,6	1,3
Übriges Amerika	15 027	15 575	15 725	15 932	—	—
Zusammen Amerika	374 941	381 567	386 337	392 860	—	—

[1]) Für die vorausgegangenen Jahre siehe S. 828.

Länge der Eisenbahnen der einzelnen Länder in Kilometern.

(Fortsetzung.)

Länder	1896	1897	1898	1899	Es trifft Ende 1899 Bahnlänge auf je 100 qkm	Es trifft Ende 1899 Bahnlänge auf je 10 000 Einwohner
Übertrag: Europa	257 540	263 204	269 744	277 748	2,80	7,3
Amerika	374 941	381 567	386 337	392 860	—	—
III. Asien:						
Ostindien	32 458	33 812	35 384	36 188	0,70	1,20
Kleinasien und Syrien	1 949	2 509	2 509	2 760	0,10	1,80
Rufsland	4 551	5 314	6 669	8 698	0,07	1,36
Niederländisch-Indien	2 082	2 082	2 082	2 082	0,30	0,80
Japan	3 686	4 032	4 747	5 846	1,40	1,30
Übriges Asien	1 793	2 007	2 214	2 248	—	—
Zusammen Asien	46 549	49 756	53 605	57 822	—	—
IV. Afrika:						
Ägypten	2 327	2 824	3 358	3 358	0,30	3,40
Algier und Tunis	4 113	4 251	4 251	4 251	0,50	6,70
Britisch-Süd- u. Zentralafrika	4 053	3 634	3 781	4 727	0,60	26,80
Südafrikanische Freistaaten	2 654	3 221	3 426	4 080	0,80	30,00
Übriges Afrika	1 680	1 914	3 138	3 698	—	—
Zusammen Afrika	14 827	15 844	17 954	20 114	—	—
V. Australien	22 341	23 119	23 334	23 615	0,30	51,70
Insgesamt auf der Erde	716 198	733 490	750 974	772 159	—	—

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Ein Schlufswort

sei dem Verfasser, ehe er den letzten Strich unter seine Lebensarbeit setzt, noch gestattet. Es soll ein Wort des Dankes, der Entschuldigung und der Hoffnung sein.

Dank sage ich allen denen, die meiner Arbeit mit Teilnahme gefolgt sind und deren Rat und Beifall mich gefördert haben.

Entschuldigung erbitte ich für die Unzulänglichkeit der Ausführung. Bei dem weitgesteckten Ziele war es trotz Fleifs und Mühe nicht möglich, alle Fragen erschöpfend zu behandeln. Dies gilt besonders für die Darstellung der kulturgeschichtlichen Bedeutung des Eisens, die gegenüber der der technischen Fortschritte mehr und mehr zurücktritt. Gerade hier setzt aber meine Hoffnung ein dafs der aufmerksame Leser aus den kurzen Andeutungen, sowie aus den Mitteilungen über die Zunahme der Erzeugung und immer mannigfaltigeren Verwendung des Eisens die kulturgeschichtlichen Ergebnisse sich selbst ergänzen wird.

Möge das Buch nicht nur seinen unmittelbaren Zweck, durch die geschichtliche Darstellung der Entwickelung der Eisenindustrie Fachgenossen und deren jugendlichen Nachwuchs zu belehren und zu fördern, erfüllen, sondern auch einem weiteren Kreise gebildeter Leser Neues und Anregendes bieten.

Ich hoffe den Beweis erbracht zu haben, dafs die geschichtliche Behandlung des Eisens, obgleich nur ein lebloser Stoff, nicht unnütz war; mag ihr auch eine gewisse Einseitigkeit anhaften, so bringt sie doch auch wieder manche Thatsachen klarer zur Erscheinung, als es die politische Geschichte vermag. Unter diesen ist es besonders der stetige Fortschritt, die Vervollkommnung durch menschliches Denken und Schaffen, die uns zugleich mit sichtlicher Befriedigung erfüllt, weil sie einem dem menschlichen Geiste innewohnenden Bedürfnisse entspricht. Hierbei darf man freilich nicht vergessen, dafs es sich nur um die Vervollkommnung eines Kulturmittels, nicht um die menschliche Kultur selbst handelt. Beides ist ja leider keineswegs identisch. Dafs

Digitized by Google

aber die Verbesserung wichtiger Kulturmittel zu einer Verbesserung des Menschengeschlechtes führen kann, ja dafs sie dazu führen mufs, ist zweifellos. Nur Pessimisten oder Phantasten, die in der Rückkehr zu dem Urzustande das Heil der Menschheit erblicken, können dies bestreiten.

Mit der Vervollkommnung der Hülfsmittel steigern sich allerdings auch wieder die Anforderungen an die Menschen: jeder Fortschritt verlangt neue Fortschritte.

Als eine besonders wichtige dieser neuen Forderungen zeigt sich deutlich in der Geschichte des Eisens die Notwendigkeit des Zusammenwirkens vieler unter Teilung der Arbeit für einen gemeinsamen Zweck und die dadurch bedingte Unterordnung des einzelnen in dem Wirken für die Gesamtheit. Diese Forderung ist weit mehr wie früher zu einer sittlichen Pflicht geworden, der sich keiner ungestraft auf die Dauer entziehen kann. Was aber durch dieses Zusammenwirken erreicht wird, zeigen uns vornehmlich die grofsen Errungenschaften auf dem Gebiete des Verkehrswesens, die dem modernen Leben ihren Stempel aufgedrückt haben.

Gröfseres noch bleibt der Zukunft vorbehalten. Die Geschichte des Eisens giebt uns die Überzeugung, dafs dieses, wenn es erreichbar ist, auch erreicht werden wird. Ein Rückblick lehrt uns, dafs die Errungenschaften zunehmen und immer gröfser werden und sicherlich wird auch den kommenden Zeiten das Eisen das wichtigste Hülfsmittel hierfür sein.

Mit diesem hoffnungsvollen Blick in die Zukunft rufe ich meinen Lesern zum Abschied ein „Glück auf!“ zu.

Biebrich, den 10. Juli 1902.

Der Verfasser.

Digitized by Google

REGISTER.

A.

Aachen 267, 892.
Abakowsk 1214.
Abel, Sir Fr., 141, 338, 375, 381, 958; —, Ch. D., 165.
Aberdare 793.
Abkühlung 306.
Abkühlungskurve 387.
Ablöschen 399.
Abott, James, 841.
Abstechen 488.
Abstich 470.
Abukoff = Obuchow.
Accumulator = Akkumulator.
Achard 264.
Achenbach, Minister, 393, 891, 988.
Achthal 69.
Acoz 1120.
Adami 1298.
Adams 810; -prozeſs 573.
Adamson, Daniel, 754, 878; —, Samuel 218.
Addie, J., 518.
Adelswärd, G. d', 842.
Adirondack 297.
Adt, John, 868.
Afrika 561, 1367.
Ahrenberg 1189.
Aiken, Henry, 686, 760, 814, 815, 877.
Aikenscher Hebetisch 855, 1309.
Aitken 34; —, Wood & Campbell 719.
Åkermann, R., 275, 290, 313, 345, 354, 427, 499, 502, 506, 530, 893, 957, 1187, 1190, 1193, 1285.
Akkumulator 147, 170, 195.
Akron & Co. 493.
Aktiengesellschaft 1121.
Alabama 293, 497, 1297, 1299, 1302, 1308, 1309.
Alais 714.
Albany-Eisenwerk 297.
Albert, H. & E., 693.
Albert, Prinz, 956.
Alberts 494.
Albis, Edward P. & Co., 434.
Alby 544.
Alelik 1084.
Alemdagh 287.
Alexander II. 279.
Alexandre, J., 172, 429, 518, 551, 935, 1118.
Alexandrowsky 195, 648, 705, 706, 737; -Hütte 465, 724, 1213; -Stahlwerk 701.
Alexishütte 69.
Algers Hochofen 52.
Algier 1084.
Allan 757.
Allen, A. H., 353; —, W. D., 154, 675, 680, 783, 787, 949.
Allens Rührer 938.
Allender Hunyad 672.
Allevard 431.
Alleyne 202.
Allis & Co., E., 516, 809.
Allotropie 340.
Alloys Research Committee 385.
Almeria 1252.
Alpenländer (österr.) 1142, 1144.
Alpeter & Horst 868.
Alpine Montangesellschaft 1152, 1155, 1157.
Altenauer Hütte 257, 268.
Althanns 643.
Alton 206.
Altos-Hornos-Co. 1249.
Altsohl 672.
Aluminium 349, 427, 529, 761, 763—765; -stahl 751.
Aluminothermie 560; -thermisches Verfahren 884.
Amberg 1004.
Ambler 551.
Amerika 50, 165, 231, 287, 305, 308, 309, 318, 593, 605, 608, 617, 618, 620, 624, 630, 659, 744, 746, 841, 899, 1250, 1251.
American Institute of Mining Engineers 318.
Ammoniak 518.
Analyse 19—24, 156, 157, 354, 367, 427, 526, 655, 856, 690, 691, 722, 732, 767.
Anblasen 70, 71, 488.
Anderson, J., 578, 1289, 1314; —, R. W., 568.
Andrassy, D., 1155.
Andre, Emil, 146, 148, 149, 582, 638, 644, 992.
Angleur 409, 662, 664, 1089, 1090, 1120.
Ångström, C., 290, 1192.
Ankarsrum 1188.
Annina 145, 270, 479, 1145, 1146, 1149, 1153—1157.
Ansaldi & Co. 1239.
Anthrazit 69, 1279; -hochöfen 50, 290, 291; -ofen 238, 288, 496.
Antwerpen 1122, 1123.
Anwärmen 71.
Anzin 214, 724.
Aosta 285, 1234, 1235, 1238.
Aplerbeck 467, 494.
Appolt-Koksöfen 36, 1124.
Arbeiter 1229, 1243, 1261; -ausstand 243, 930; -schutzgesetze 894, 1029; -zahl 1053, 1058.
Arbeitsziffer 395.
Architekten- und Ingenieurverein 395.
Arcotdistrikt 1364.
Arendal 1263.
Argentinien 1350.
Arkinstall 117.
Armstrong, Robert, 222, 223, 225—227; —, Will., 27, 68, 128, 170, 195, 221—223, 886, 950, 958; —, J. W. und James, 489.

Digitized by Google

Arnold, J. O., 338, 340, 375—377, 383, 386, 732.
Arns 783.
Arrowsmith, John, 201.
Ars sur Moselle 205, 247.
Arsen 350, 750.
Arthur 572.
Artilleriematerial 1224.
Asien 1352—1366.
Asinwood 571.
Alsling 1160.
Astaki 418.
Asthöver, Fr. & Co., 798.
Asturien 1249, 1250.
Athus 664, 689, 1120.
Atlaswerke 125, 130, 134, 203.
Attwood, Charles, 93, 173, 185, 191, 738, 938, 948.
Atzinger 825.
Aubel, Carl, 51, 53, 54, 76.
Auburn & Co. 559.
Auerbach 541.
Aufbereitung 34, 35, 402, 403, 416, 577; —, magnetische 428, 430.
Aufbrechschmiede 100.
Aufgeben, Aufgichten, 76, 479.
Augustin 99.
Ausblasen 78.
Ausdehnung 392, 394.
Ausfuhr 243, 244, 255, 275—277, 930, 951—955, 973, 976—978, 1035, 1036, 1059—1066, 1101, 1102, 1113—1116, 1125, 1127, 1137—1141, 1180—1182, 1202—1204, 1231, 1232, 1244, 1245, 1250, 1262—1269, 1275, 1310, 1318, 1331, 1336—1342, 1345, 1349, 1369, 1380—1383.
Ausgleichgruben 661.
Ausladevorrichtung 1313.
Auslaugen 432.
Ausstellung 6, 7, 94, 121, 132, 205, 1194, 1221—1223 (s. Weltausstellung).
Australien 1369.
Automatischer Betrieb 547.
Avery 34.
Avesta 666, 667, 670, 672, 1190.
Aveyron 1085.
Ayrsome 529, 676, 908.

B.

Baackes, M., 873, 1317.
Baare, Fritz, 785, 992, 1028; —, L., 1028.
Babu 389.
Backbarrow 235.
Badische Maschinenfabrik 531, 541, 542.
Bäumer, Dr. W., 989.
Baffasio, J. v., 1238.
Bageney 92.
Bagge, W. 140.
Bagnall 55.
Baird & Co., W., 518, 911, 935.
Baker, David, 492, 926; —, W., 150.
Bakewell 196.
Baku 1218.
Balch 403.
Baldwin, M., 41.
Balkanstaaten 1270—1275.
Ball & Norton 428.
Balling 73.
Balting 209.
Bamber, H. K., 365.
Bandl, Ignatz, 1152.
Banffy 563.
Banka 839.
Bansen, Wilh., 449, 810, 867, 868.
Baracaldo 286.
Barber & Klusemannn 178, 272.
Barett 88.
Barker, E., 628, 629.
Barlow 28, 29, 209.
Barness 643.
Barr, J. M., 556, 1306.
Barrakur 1364.
Barrow, Th. J., 734.
Barrow-in-Furness 57, 78, 136, 152, 159, 180, 237, 238, 615, 729, 904, 907, 908.
Basilades 1274.
Basischer Martinstahl 694.
Basisches Flufseisen 311; — Futter 310, 639, 641.
Bassèges 410, 701.
Basson 1211.
Bastogie 1237.
Bates, J. G., 734.
Batho, W. F., 687, 704, 714; -ofen 709, 719.
Batum 1217.
Bauer, O., 362; —, Th. von, 409, 414, 416.
Bauernofen 564.
Baumann, H. G., 1308; -ofen 538.
Baumgarten 418.
Baur, Julius, 19, 184, 297, 742, 744.
Bauschinger 390, 391, 395, 387, 399, 890—892, 988, 1011, 1015, 1028.
Bauxit 166, 620, 700; -futter 565.
Baxter & Co. 417.
Bayern 256, 1002, 1080.
Bayley & Roberts 686.
Bearbeitung 194—217, 400.
Beasly, Jos., 582; —, H., 565.
Beatson 590.
Beaudry & Co. 783.
Beauregard, Test. de, 41.
Beavis, E., 870; —, John. 866.
Bechem & Keetmann 814, 876.
Bechen, G. von, 822.
Becke, von der, Ad., 868.
Becker, E., 551.
Beckert, Th., 870, 893.
Bedson, George, 114, 129, 598, 865, 867.
Bees Iron Works 472.
Behrens, H., 338.
Beipur 1364.
Beizbrüchigkeit 401, 869.
Beizen 835.
Beiz- und Reinigungsvorrichtung 843.
Belgien 106, 137, 159, 233, 251—253, 305, 308, 407, 477, 497, 599, 607, 633, 662—664, 1015, 1116—1141, 1216, 1366.
Bell, George, 156; —, Sir Lowthian, 19, 25, 28, 47, 72, 77, 313, 354, 374, 375, 411, 427, 450, 472, 493, 498—500, 502, 503, 506, 507, 512, 579, 585, 597, 898, 905, 907, 925, 934, 958, 1250, 1270.
Belleville 670.
Benardos 403, 404.
Bender, August, 352, 580.
Bennett, J. Fr., 165.
Bengal Iron Co. 1364.
Benson, G. H., 153, 154, 191.
Benzon, E. L. S., 145.
Bérard, Aristide B., 172, 193, 1285; — Stahlschmelzverfahren 1085.
Bergakademie 263, 892, 893, 1187.
Bergamo 1236, 1243.
Berge-Borbeck 525.
Berger, A., 220.
Berggesetz 264; -inspektion 281; -institut 1208; -schule 892, 893; — und Hüttenverein 1153; -vorschule 892.
Bergue, de, 59.
Berkenhoff, Carl, 1027.
Berlin 263, 264, 406, 892.
Bernados, Nicol. von, 881, 1211; — Schweifsverfahren 881, 883.
Berndt, Etienne 297.
Berner, Wladimir B., 274.
Bernouilli 35.
Berthier 745.
Bertrand, E., 687, 727.

Bertrand-Thiel-Prozefs 727, 728, 1025, 1168.
Berzelius 23, 355.
Beschickung 73, 487.
Beschickungsvorrichtung 480, 516, 778.
Bessemer, Sir Henry, 84, 104, 114, 122, 124—133, 136, 141—144, 148, 151, 153, 156, 157, 163, 166—168, 191—193, 196, 201, 218, 219, 270, 285, 293—295, 312, 526, 570, 580, 590, 614, 616, 617, 620, 627, 647, 665, 672, 674, 676, 743, 758, 761, 847, 848, 850, 898, 921, 933, 938, 950, 957; — Sons 153; -birne = Konverter; -blöcke 1333; -gebläse 654; -hütte 957, 1238, 1280, 1280; -ofen 274; -prozefs 1, 5, 63, 122—160, 250, 251, 253, 270, 271, 274, 275, 285, 291, 614—633, 673 — 699, 921, 1143, 1183, 1187, 1189, 1190, 1276; -roheisen 73, 482, 527, 623, 904, 908, 995, 1341; -schienen 134, 135, 150, 161, 208, 260; -stahl 149, 150, 218, 219, 252, 275, 286, 307, 309, 311, 392, 754, 846, 1057, 1110, 1111, 1122, 1200, 1379; -stahlerzeugung 260, 309, 921, 1186; -stahlwerke 242, 275, 286, 922, 1120, 1279, 1315; -verfahren 266; -walzwerk 215; -werke 271, 277, 278, 615, 1008, 1291, 1292.
Besson 534.
Bethge 372.
Bethlehem (Pa.) 612, 622, 674, 794; -werke 293, 747, 782, 800, 809, 818, 855, 1282, 1285, 1300, 1315.
Betriebsmittel 1228.
Betz 868.
Bicheroux 601, 775, 777, 816, 994, 1026, 1028, 1119; -feuerung 602, 612.
Biedermann und Harvey 612, 775, 948, 1125.
Biermann 762.
Bikas = Bujakowa 672, 1165.
Bilbao 92, 622, 1249—1251; -erze 904, 987, 1118, 1249 —1252, 1255, 1256, 1259.
Billing 745, 800.
Billiton 839.
Bilston 597.
Binder 367.
Binkbeck 35.
Binks 356.
Birch, James, 53.
Birkinbine 1285, 1287, 1346.
Birmingham 94, 566; —(U. S.) 1299.
Birne 124, 125, 659 (s. Konverter).
Biscaya Co. 1249—1252.
Bischof, C., 528, 721.
Biskupitz 263.
Bismarck, Fürst Otto von, 981, 1028.
Bjelorezk 457, 1217.
Björklund 1193.
Black 34.
Blackley, Jos., 223, 608.
Blagodat 1210, 1212.
Blaina-Eisenwerk 43.
Blair, A., 357, 365; —, M., 430; —, Thomas, 571, 1284.
Blairs Prozefs 1286.
Blake 417, 489.
Blakeny 533.
Blansko 1159.
Blasenfreier Gufs 757—768.
Blafs 796, 797, 882.
Blauel, C., 71, 414.
Blauhitze 388, 398; -ofen 285.
Bleanavon 211, 636, 648.
Blech, verzinktes, 230; -fabrikation 229, 831—856; -mantel 467, 468; -rast 471; -walze 808; -walzwerk 851, 853.
Bleichert, A. & Co., 493, 865, 872, 1014, 1162, 1250.
Bleichsteiner, F., 169, 400, 622.
Bleymüller 557.
Blezinger 422, 722.
Blifs, E. W., 1302.
Blochairn-Stahlwerke 565, 709, 710, 729, 812.
Blockausstofser 686; -greifer 1301; -schere 199; -wender 811, 855; -zange 686.
Blom & Vofs 1029.
Bloomaries 586.
Blum, L., 358, 692.
Bochum 137, 219, 612, 613, 653, 785, 892, 999, 1002.
Bochumer Gufsstahlwerk 210, 771, 999.
Bock, C., 25.
Boden (Hochofen-) 463, 464; -auswechseln 624; -stein 56, 463, 466.
Bodmer 594.
Boecker, M., 442, 449, 736, 1003; —, Wilh., 868, 869.
Boecking 87.
Boecking, Rud. & Co., 1302.
Böhler, Gebr., 740, 1165, 1216.
Böhme, Dr., 891.
Böhmen 272, 1153, 1158, 1164.
Boehnhoff 1009.
Boëtius 111, 777, 1119.
Bofors 588, 700, 704, 1189, 1190, 1195.
Bogolowsk 1215.
Bogota 1348.
Bogschan 270.
Bohnerz 1267, 1268.
Boigues, Rombourg & Co. 93, 173, 248.
Boissieu, de, 701.
Bolkow 47; —, Vaughan & Co. 438, 443, 597, 626, 637, 647, 662, 676, 759, 799, 809, 875, 908, 909, 912, 914, 924, 926.
Bollmann, F., 546.
Bolton-Stahlwerke 110.
Bolzinger, C. W., 686.
Boman 141.
Bombieren 850.
Bonard 229.
Bonehill, E., 607, 1124.
Bonner, M., 207.
Bonnisard 758.
Boo 273.
Bookwalter 670, 1297.
Bopp & Reuther 544, 545, 1020.
Borbely, L. von, 1148; -öfen 603.
Bornemann 38.
Borrie, Borrieröstofen 33, 907.
Borsig, A., 40, 119, 178, 199, 206, 263, 264, 552; -werk 263, 643, 698, 709, 846.
Bosnien 286, 287, 1177, 1179.
Bouis 14.
Boult, J., 537.
Boulton 760.
Bous a. d. Saar 806.
Boussingault 13, 14, 23, 356, 363, 732, 742.
Bower, J. u. D. F., 183, 607.
Bowron 99, 110.
Bozzo, S., 1236.
Brachot frères et soeurs 1121.
Brackelsberg 344.
Bradford 197.
Braive 1353.
Bramwell & Owen 210.
Brand, Dr. Alb., 357, 735.
Brasilien 1348.
Braun, Dr., 365; —, F., 370, 796.
Brauns 582, 994, 1010.
Braunschweiger Bahn 210.
Braunsdorf, J., 578.
Brazier & Thompson 840.

Digitized by Google

Bréant 171.
Brearly, H., 356, 365.
Brechmaschine 34.
Bremiker, Carl, 1027.
Brennmaterial 321, 322, 406—427.
Brescia 1236, 1239, 1243.
Breuer, Schuhmacher & Co. 611, 783, 786, 788, 789, 1012, 1026, 1124.
Brezova 603, 606, 1149, 1154, 1161.
Brialmont, General, 858, 764.
Briant 417.
Briansk 1208, 1213.
Bridgeport 296.
Bridgeville 1344.
Briegleb, Hansen & Co. 550.
Brille (Schmidtsche) 448.
Brinell, J. A., 339, 555.
Brink & Hübner 414.
Britannia-Eisenwerk 597.
British Association for the advancement of science 763.
British Iron Trade Association 957.
Britonferryhütte 106.
Britton 24, 357, 518, 912.
Broadmeadow 546.
Brockwell 507.
Bromberg 693.
Brooklyn 742.
Brooks, W., 92.
Broomann, R. A., 84, 113, 174, 219, 597.
Brown, B., 458; —, Fayette, 475, 1297; —, James, 201; —, Jeremiah, 112; —, John Sir, 5, 6, 124, 125, 130—141, 148, 149, 152, 164, 200, 203, 204, 208, 209, 215, 216, 241, 615, 621, 623, 950; —, Rich., 582, 926; —, William, 793; —, John & Co., 742, 857, 859, 908, 927, 928, 943, 949; —, Bayley & Dixon 662, 795, 927; —, (Hoisting Co.) 519.
Browns, A. R., 787.
Bruckhausen 1018.
Brücke (Stahl-) 216, 753.
Brückenbau 219, 752.
Brüll, A., 90, 558.
Brüsseler Elektrizitätsgesellschaft 882.
Brunion & Söhne 88.
Brunk, Franz, 413, 415, 416.
Brunner, A., 165, 168.
Brust, geschlossene, 61.
Brustlein 338, 743, 744, 751, 1087.
Brymbo 678, 940; -Basic-Steel Co. 705.
Buchanan 428.
Buchner 16.
Buchscheiden 111.
Buckau 693.
Buckland, W. H., 93.
Buckman, S. Y., 841.
Buckson & Co. 875.
Buckton & Co. 943.
Budapest 1147, 1166.
Budd, J. Palmer, 99.
Buderus, G., 71, 473, 518, 557, 985, 991.
Bueck 989.
Bürstenwalzen 841.
Bürsttopf 838.
Büttgenbach (Hochofen) 59, 60, 269, 461, 471, 985, 987.
Buhl-Stahlgesellschaft 1144, 1145, 1312.
Bujakowa 672.
Bulgarien 1271.
Bull, C., 442; — & Co. 272; —, H. Clay, 272, 1290.
Bunsen, Rob., 25, 140, 1019.
Bunte, H., 367.
Burbacher Hütte 202, 475, 662.
Burden 98.
Burg 990.
Burgers, F., 448, 462, 472, 1003.
Burrow, J., 770.
Burrows, H., 710.
Bury & Co. 187.
Buschbeck, H., 38.
Buschen, de, 281.
Buschenwalzer 833.
Bussius 25.
Bussoleone 1238.
Bust, John, 168.
Butterly-Eisenwerk 6, 204.

C.

Caddick, S., 1290; — & Meyburg 603.
Cadinohs 1348.
Cages 38.
Caillaudière et Belabre 248.
Cailletet, L., 17, 21, 25, 27, 117, 154, 187, 352, 559.
Cajanave-Sabatier, J., 172.
Calder 84.
Callian, Vict., 534.
Calvert, Fr. G., 16, 103.
Cambier, E., 671—672.
Cambria Eisenwerk 296, 469, 489, 492, 581, 677, 800, 813, 867, 1279, 1280, 1283, 1296.
Cameron, John, 156.
Cammell, Ch. & Co., 136, 204, 210, 220, 857, 858, 922, 927.
Camonica 576, 1239.
Campanil 1253, 1255.
Campbell, L. D., 341; —, H. H., 376, 715, 721, 724, 729, 1317.
Canada 1280.
Canet 888.
Canham, Rich., 83.
Cantabria Co. 1251.
Capacité de travail 325.
Carbon Iron Company 373, 1300.
Carburete 15.
Carcino 1236.
Cardiff 938, 947.
Carl-Emilshütte 1144, 1157.
Carlsdaleisenwerk 132, 136, 275, 278.
Carlsson 677, 1190.
Carlsund, Capt., 1188.
Carlsvick 765.
Carlton-Ironworks 594.
Carnegie, Andrew, 419, 491, 894, 1303, 1309, 1311, 1313—1315; — & Co. 515, 1307—1311; —, Brothers & Co. 680, 1009, 1289, 1292, 1306, 1313, 1316; —, Phipps & Co. 717, 747, 861, 875, 885, 1287, 1296; -Institute 1315.
Carnelley 371.
Carnot 343, 345, 350, 362.
Caron 13—19, 74, 99, 117, 153, 154, 172, 180, 187, 188, 190, 338, 642.
Carr 35, 417, 541.
Cartagena 1251.
Carterville 1285.
Carulla 169.
Carvés, Carvésofen, 410, 411.
Car Wheel Co. 1306.
Caskadenofen 603.
Casper, C., 738.
Casperson, C. A., 402, 675, 1187, 1190, 1193.
Casson-Darmoy 597, 1088; -ofen 919.
Castro 1236, 1239.
Catalanschmiede 286, 1249.
Catasauqua 480, 1297.
Cavallier 1097.
Cavé 197, 199.
Cely, M., Laurent 579.
Cementation 180, 860.
Cementit 383—385, 388.
Cementkohle 16, 338; -stahl 180, 731—733; -stahlfabrikation 193, 194.
Centralrohr 473.
Centrifugalgufs 220, 551, 770; -reiniger 478.
Centrum 1105.
Cerro del Merkado 1346.
Cerro Yman 1346.

Chabotte 197.
Chaddefaud 67.
Chalas 794.
Chaléassière 785, 1089.
Chalia 1347.
Chalmot 343.
Chamond, St., 747, 858, 1094.
Champelaine, John le, 848.
Champlaindistrikt 1292; -schmiede 561; -see 1280.
Chan-Chi-Tung 1353.
Chandler 763.
Chapokoski 1206.
Chapuis 667.
Chargiermaschine 724—726, 1024, 1344; -vorrichtung 1301.
Charleroi 607, 1131.
Charlottenburg 891.
Charlottenhütte 58, 265.
Charpy, Georges, 375; —, Franz, 1096.
Chassepotgewehr 885.
Chatelain 122.
Chatelier, Le, 638, 1096.
Chatillon-Commentry 205, 662, 787, 1095.
Chattanooga 292, 293, 591, 594, 1284, 1300.
Chauffriart 41.
Cheever, W., 366, 768.
Chemie 13—24, 102, 322, 336—368, 761.
Chemische Mittel 761.
Chemnitz 765.
Chenot, E. C. A., 92, 403, 571, 783, 1249.
Chenots Prozefs 91, 92, 286.
Chernoff 195.
Chester 457.
Chicago 292, 684, 755, 756, 842, 864, 1015, 1026, 1193, 1281, 1293—1297; -Eisengesellschaft 292; —, Weltausstellung 842, 1026.
Chiers 1122.
China 1352.
Chlor 74, 75, 117.
Chloratmethode 360.
Choindez 1268.
Cholat 749.
Chorzow 159.
Christian, Ch. J., 430.
Christiania 743.
Chrom 19, 338, 401; -eisen 625, 743—745; -pyrometer 1281; -stein 643, 700, 701, 705, 706, 714; -erzfutter 1191; -stahl 297, 741—744, 927, 1087, 1191, 1288 = Ferrochrom; -stahlgeschosse 888.
Cigancourt, de, 15.
Cincinnati 591, 1281.
Citratlöslichkeit 693.
Civilbau 752.
Clapp & Griffith 666—668, 670—672, 938, 1294, 1296, 1299; -Konverter 839, 1008, 1154.
Clarencehütte 451, 905.
Clarke, James, 848.
Classen 362.
Clayton, John, 152.
Clémandot, L., 780.
Clemensport 1343.
Cleveland, Clevelanddistrikt, 34, 46, 47, 50, 55, 65, 76, 234, 235, 237, 238, 450, 485, 495, 498, 500, 506, 512, 513, 517, 624, 900, 901, 903, 905, 908, 911, 912, 914, 924, 935, 945, 954; —, (U. S.) 1281, 1289, 1298; -apparat 438; -gebläse 432; -röstöfen 33; -walzwerk 295.
Closmortier 112.
Closson 642, 644.
Clouet 184.
Coalbrookdale 89, 111, 901.
Coatbridge 213.
Cochrane 37, 41, 43—46, 67, 77, 88, 117, 459, 485, 905, 912, 935; —, Grove & Co. 87; — & Co. 907.
Cockerill, John, 40, 220, 391, 520, 524, 572, 662—680, 782, 826, 1117—1121, 1123, 1125, 1154, 1211, 1238, 1249, 1353.
Cockley & Marwood 943.
Coffin, Jesse, 851, 883.
Cogging mill 215.
Cohahuila 1346.
Coijins & Legrand 825.
Coingt 67.
Colbraith 716.
Coles, Oberst, 3, 200.
Collins & Co. 297, 533.
Columbian College 894.
Columbus, Chr., 317; — (Ohio) 1316.
Comer, H. B., 229, 866, 868.
Comersee 123, 1238.
Commentry 662, 664.
Como 1236, 1238, 1243.
Company national 1349.
Compound-Panzerplatten 857, 859.
Comté 248.
Congrefs, internationaler, 397.
Conkling 428.
Conley-Lancaster-Prozefs 573.
Connal & Co. 929, 936.
Connelsville-Koks 1320.
Consettwerke 509, 682, 722.
Conway, B., & Co., 938.
Cookley 840.
Coomes & Hyde 734.
Cooper, Arthur, 932; —, C., 538; —, Hewitt & Co. 296.
Copeland, J., 875.
Coppée, Evence, Coppée-Koksöfen 36, 407, 409, 417, 909, 1115.
Coquillen 367.
Corbitt & Archer 35.
Corey, W. D., 861.
Corliss, G. H., 297, 1298.
Cornell-Universität 894.
Cornu 369, 372.
Cornwall 839.
Cosack & Co. 229.
Cosento 1237.
Couaillac 99, 116.
Couillet 1121, 1123—1125.
Covero & Co. 1239.
Cowes 572.
Cowles 903.
Cowper, Edw. A., 43, 46, 181, 905, 907, 934, 958; -apparat, -winderhitzer, 43, 44, 77, 436, 438, 440, 446, 494, 1003, 1086, 1119; -Cochrane-Winderhitzer 510.
Cox 823.
Craig 363.
Cramer, A., 549, 554.
Crampton, Th. R., Cramptonofen 595, 596, 915, 1147. -kohlenstaubfeuerung 627.
Crane-Eisenwerk 468; -Elevator Co. 479.
Crawshay 117; — & Thomas 75.
Cremer 468; -Crescent Steel Works 1287.
Creusot 85, 118, 158, 178, 205, 247, 250, 403, 414, 430, 626, 650, 652, 662, 664, 699—701, 746, 751, 761, 777, 781, 858, 1084—1089, 1090, 1095, 1217.
Creuzthal 478.
Crewe 147—149, 197, 208, 213, 593.
Cromwell 199.
Crooke, W., 442.
Crofsley 438.
Crova, A., 369.
Crown Point 561.
Cumberland 73, 74, 450, 674, 934; -Hämatit 129, 622, 904.
Curie 389.
Cyangas 500.
Cyfartha 215.
Cyklops-Werke 135, 136, 220, 857, 1315.
Czaky, Graf L., 1155.
Czenstochau 731.

D.

Daelen 106, 245, 638, 647, 655, 758, 777, 784, 869; —, Ed., 600, 798; —, Rainer, 197, 205—207, 266, 868, 1012; —, R. M., 116, 578, 616, 620, 685, 722, 727, 729, 731, 787, 797, 798, 809, 812, 822, 871, 875, 877, 1021, 1100, 1101; —, Vital, 188, 798, 849; — & Freudenthal 83.
Dänemark 1265.
Dahlbruch (Maschinenfabrik) 820, 869.
Dahlerus, C. G., 1190.
Dahlhausen 409, 642.
Dahlsbruck 1218.
Dalifol 90, 544, 559.
Daluth 481.
Dampfhammer 5, 197, 780, 781; — „Fritz" 194—196, 1000, 1238; -kessel 120, 121, 218, 535, 754, 778; -kesselblech 846; -maschine 235, 258; -strahlofen 535.
Dango 449.
Daniell 371.
Daniels, F. H., 870, 873.
Danks, Samuel, 590, 591, 593, 595, 1147; -ofen 590, 596, 610, 914, 915, 919, 1281, 1287.
Dannemora 278, 403; -Marken 733.
Darby, Abr., 173; —, J. H., 67, 678, 680, 714, 762, 827, 901, 940, 942, 946, 958, 1008.
Darlaston-Werke 608.
Darlington-Stahlwerke 676, 776.
Darmoy 113, 597, 1085.
Davenport 558.
Davies, G., 93; —, R. W., 492, 811.
Davis-Colby 430; —, James, 568.
Davy, A., 666, 672; —, Ch., 787, 811; —, David, 809, 811.
Dawes, T. G., 197, 202.
Day, St. Vincent, 115, 116, 179, 236.
Debray 25.
Deby 792.
Decke 592.
Defty 601.
Dehnbarkeit 149.
Dehne, Fr., 542.
Dehnung 395, 396, 720.
Dekalb 1284.
Delafond 1090.
Delamare, Deboutteville und Malandin 520—522.
Delpon, Justino, 92, 1249.
Demandre 229.
Demidoff 51, 280, 1207, 1208, 1212.
Demmler 843.
Dempster 946.
Denain 214, 662, 1091.
Deppe 555, 1002.
Derrylea 70.
Desierto, El, 571.
Desintegrator 35, 417, 541.
Des Moines Co. 1346.
Deutsch-Bogsan 1146.
Deutsch. Ingenieurverein 395.
Deutschland 69, 73, 106, 136, 137, 151, 152, 231, 232, 244, 253—269, 305, 311, 318, 335, 396, 451, 475, 480, 496, 513, 527, 589, 599, 614, 616, 618, 619, 622—624, 630, 633, 662, 663, 693, 702, 705, 722, 745, 746, 753, 812, 823, 846, 857, 869, 889, 892, 899, 980—1065, 1232, 1250, 1258, 1265—1271, 1274, 1350, 1362, 1366, 1368.
Devailly 542, 1086.
Deville, H., 25, 27, 172, 356.
Dewees-Co., W., 817.
Diamant 341, 342.
Dick 337, 702, 703, 809, 942.
Diefenthäler, A., 541.
Dienenthal 449.
Dietrich, von, 136, 467, 986, 999.
Differential-Akkumulator 627.
Dilla 59.
Dillingen, Eisenwerk, 857, 1001.
Dillner 430.
Dillwyn 179.
Dinasziegel 263, 697.
Dingler, Maschinenfabrik, 1019.
Dingley-Bill 1310.
Dinkey, A. G., 686.
Diosgyör 715, 1145, 1154, 1155, 1165, 1166.
Diot & Monlebont 783.
Direkte Schmiedeeisenbereitung 90—96, 591—576.
Dirks & Co. 534.
Disdier, Enrique, 525.
Dixon, William, 911.
Dnieprovienne 447.
Dnjepr 1205.
Dobiansk 564, 565.
Dobrio 409.
Dobschau 1161.
Döhlen 257.
Döhn, R., 546.
Dörren, Dörrofen 69.
Dognatzka 270, 482, 1145, 1146.
Dolliak, O., 378.
Dolomit 642, 644.
Dombrowa 705, 1210.
Dominion Works 1345.
Domnarfrets Eisenwerk 406, 1185, 1192, 1194.
Donath 359.
Donawitz 196, 464, 471, 493, 600, 676, 1155, 1157, 1158, 1160, 1161, 1168.
Donetzgebiet 1125, 1208, 1210, 1211, 1213, 1216.
Dongo 1238.
Donnersmark 117; —, Graf Guido Henkel von, 1019; -hütte 263.
Doppelpuddelofen 603, 605; -rostfeuerung 106.
Doppler 833, 837.
Dornboden 695.
Dortmund 893.
Dortmunder Union 467, 662, 663.
Doublieren 833, 836, 837.
Dougherty, W., 780.
Dowlais 18, 74, 78, 98, 114, 118, 161, 166, 215, 237, 242, 621, 628, 699, 909, 916, 917, 923.
Downie 88.
Dowson, Dowsongas 425.
Drafsdo 103.
Drahtfabrikation 228, 865—874; -haspel 873; -industrie 1298; -seilbahn 493, 865, 1014; -seilfabrikation 865; -stifte 865; -walzwerk 866, 867, 871; -ziehmaschine 873.
Drehherd 542, 1147; -ofen 593—596, 600 = Rotator; -puddelofen 114, 1085; -scheibe 491.
Dreifach Expansionsmaschine 779.
Dreiröhrenfeuer 561.
Dressierwalze 834.
Drefsler 151, 152, 265; —, H. A. W., 873, 1027.
Dreyer 449.
Dreifufs, J., 207.
Drillingsmaschine 779.
Drown, Dr. Th., 358, 363, 878.
Druck 217; -flammofen 192; -luftmeifsel 554; -verfahren 759.
Drujkowska 1216.
Druschkowskihütte 1216.
Dubochet-Ofen 410.
Dubois-François 782.
Duddon 235.

Dudley, Dr. C. B., 196, 368, 395, 824.
Dudlingen (Düdelingen) 663, 679.
Dücker, von, 872.
Dürr 370.
Dürre, Fr. W., 15, 48, 262, 427, 482, 502, 595, 892, 989.
Düsenstock 449.
Dufournet 35, 71.
Dufréné 534.
Duhesme, L. J., 181.
Duisburg 642.
Duisburger Maschinenbauanstalt 814.
Dulais 36.
Dulithgrube 1347.
Dulong 25, 690.
Dulongsche Formel 373.
Duluth 1308.
Dumas, L., 389.
Dumeny & Lemut 111, 112.
Duplexprozeſs 677.
Dupont & Dreyfuſs 205, 247, 986; — & Fould 1088.
Du Puy, Chas. N., 570, 1297, 1290; — de Lome 200.
Duquesne-Hochofen (Pa.) 447, 492, 515, 816, 822, 1303, 1306—1310, 1316, 1317.
Durango 1346.
Durchschnittspreis 1137.
Durchweichungsgrube 661.
Durfee, W. F., 169, 295, 296, 630, 672; — und Loureau 668.
Durlach 531, 541, 542.
Duro & Co. 1252.
Duryee, Dr. G., 572, 1290.
Dwight 423.
Dyckhoff 34, 417.

E.

Eames, Henry H., 403, 546, 573, 775, 1298, 1300.
Easley 1297.
Eastwood 113.
Eaton, A. K., 90, 183, 578.
Ebbw-Vale 40, 48, 106, 142, 152, 161, 243, 485, 623, 675, 908—910, 916, 918, 924.
Ebeling, Th., 167.
Ebelmen 536.
Ebenau 107.
Eckhard, H., 743.
Eckman = Ekmann.
Ecole des Mines 893.
Edamitsu 1359.
Edenkoben 1027.
Edgar Thomson-Werke 291, 419, 449, 457, 459, 467, 468, 495, 510, 511, 515, 676, 684, 775, 801, 827, 1285—1289, 1293—1295, 1300, 1304.
Edge-Moore-Eisenwerke 595.
Edington & Söhne 156.
Edison, Th. A., 403, 428, 429, 608, 1311.
Edsken 136, 274, 275.
Edward, Lewis & Jones 840, 843.
Edwards, Daniell, 842, 874.
Egells, T. A., 993.
Egestorff 82, 993.
Eggertz, Vict., 23, 24, 356, 357, 362, 365, 892, 1187.
Eggertzsche Probe 150, 633, 1149, 1283.
Egleston, Thomas, 561, 562, 759.
Ehrenwerth, Jos. G. von, 4, 26, 459, 569, 574, 576, 598, 600, 605, 640, 655, 656, 658, 666, 677, 713, 747, 893, 1141, 1146, 1149, 1154, 1164, 1303.
Eibiswald 1154.
Eichhorn 81.
Eiffel, Eiffelturm, 317, 756, 1092.
Einbrennkessel 838.
Einfuhr 243, 250, 255, 277, 291, 298, 930, 973, 975, 977, 1035—1037, 1051, 1059, 1061, 1062, 1066, 1097, 1099, 1100—1102, 1113—1115, 1127, 1128, 1137—1139, 1180—1182, 1202—1204, 1231, 1232—1235, 1241, 1244—1247, 1254, 1261—1274, 1310, 1318, 1335—1342, 1345, 1347, 1349—1351, 1355, 1361—1369, 1380—1382; -zoll 1183.
Eingangszoll 1386.
Einheitliches Prüfungsverfahren 395.
Einsiedel, Graf D. von, 86.
Einsiedelsche Gieſserei 993.
Eisenausfuhr 973, 975, 1116, 1184; -bahnbrücke 763; -bahnen 243, 828—830, 1277, 1307, 1346, 1354, 1358, 1367, 1387, 1388; -bahnmaterial 329; -bahnoberbau 209, 210; -bahnschienen 289, 823—831, 1277, 1335, 1338; -bahnschwellen 823—831; -bahnwesen 329; -bereitung 30; -einfuhr 1084; -erzausfuhr 1201, 1202; -erze 271, 497, 500, 959, 1059—1062, 1066, 1067, 1080, 1081, 1083, 1142, 1157, 1248, 1249, 1276, 1280; -erzeinfuhr 482, 483, 904, 960, 1084, 1171, 1322; -erzeugung 257—261, 274, 277, 279, 280—284, 286, 288, 304, 1184, 1196, 1211, 1242—1244, 1328, 1361, 1385; -erzförderung 253, 959—961, 1035, 1036, 1038, 1100, 1127, 1169, 1170, 1178, 1220, 1241, 1254, 1255, 1264, 1269, 1270, 1321, 1372, 1373; -erzgewinnung 901, 902, 1084, 1184; -erzwäsche 35; -erzverbrauch 1257; -gewinnung, direkte, 561—576; -gieſserei 80—90, 306, 326, 525—560, 989, 992, 1005, 1020, 1049—1052; -gieſsereiverein 12, 989; -handel 329, 1125; -hüttenkunde 324; -karbid 338, 339; -karbonyl 354; -kohlenstoffverbindung 337; -phosphid 344; -prüfung 329; -schwamm 565, 579; -schwellen 209; -silicid 342, 762; -sorten 391; — und Stahlwaren 976; -verarbeitung 913, 979, 980, 1116, 1140; -verbrauch 232, 233, 1182, 1204, 1341, 1342, 1358, 1383—1385; -verwendung 329; -waren 1059—1062, 1151; -werke 1067.
Ekaterienzki 1208.
Ekman 438, 1188, 1189; -Gasschweiſsofen 1209.
Elastizitätsgrenze 749.
Elba 285, 1234—1244; -stahlwerk 625, 770.
Elektrischer Schmelzofen 575, 576.
Elektrizität 402, 1307—1311.
Elfers, H. & Co., 54.
Elisabeth, Königin, 900.
Elizawerke 1300.
Ellershausen-Verfahren 97, 98, 577.
Elliot 263.
Ellis, J. D., 539, 685; —, J. H., 857, 927.
Elsaſs-Lothringen 986.
Elswick 221, 222, 950.
Emery 390.
Emma-Ofen 293.
Emmet, Ch., 196.
England 38, 41, 49, 50, 54, 55, 68, 88, 136, 149, 151, 152, 159, 168, 177, 181, 189, 215, 229, 231, 234, 305, 308, 318, 374, 385, 475—477, 589—592, 595

Digitized by Google

—598. 603. 605. 614. 618. 622. 625. 633. 649. 662—664. 666. 701. 702. 705. 707. 709. 710. 713. 716. 722. 753. 757. 790. 839—841. 846. 893. 1085. 1235.
Ensby 730.
Ensley 497.
Entkohlungsverfahren 678. 679.
Entladevorrichtung 493.
Entphosphorung 301. 304. 576—579, 580—582. 634. 635. 700. 701. 925. 926. 991. 994. 1144.
Entschweflung 583—586, 681. 719.
Erdmann, Conr., 795.
Ericson, John. 2. 3. 195. 200. 297.
Eriesee 1313.
Erimushütte 594. 597. 675. 914. 915.
Erkenzweig, Gust., 798. 869. 870.
Erstarrungspunkt 306.
Erz 427; —, schwedisches, 1005; -aufbereitung 34; -ausfuhr 1184. 1195. 1244. 1250. 1252. 1256—1258; -brecher 35; -einfuhr 1101. 1116; -förderung 1193; -prozefs 920; -reduktionsverfahren 714; -separator, magnet., 403; -stahl 312; -stahlprozefs 93. 179. 565. 573. 574. 695. 700. 703. 1147; -steine 483; -verbrauch 633.
Erzeugung 48. 615. 1066. 1202. 1214.
Erzeugungskosten 1327.
Escalle 67. 76.
Esch 477.
Eschellmann 687.
Eschweiler 121; — Aue 205.
Esperança 1349.
Espinasse 598. 1087. 1088.
Essen 124. 195. 266. 857.
Eiskuchen 483.
Estonhütte 626. 924; -werke 57. 637. 640. 641. 649. 664. 924.
Etagenrost 106.
Euböa 642. 705. 1274.
Europa 497. 1263.
Eutektische Legierung 387.
Euverte 608. 631.
Evans, Alcott, 841; —, David, 810. 948.
Evenson, J. O., 811.
Evrard, Alfred, 858; —, Max, 417. 686.
Exter 70.
Eyermann, P., 731. 819.
Eyth, M., 88.

F.

Fabrikate 1045—1048, 1053. 1228. 1229. 1261.
Fachschule 893; -verein 317.
Façoneisen 205.
Fagersta 278.
Fahlenkamp, H., 822.
Fairbairn, William, 7. 29. 122. 130. 131. 235; — & Wells 809.
Fallonica 285. 451. 1240.
Faraday 745.
Farcot, E. D., 196. 197. 539.
Farinaux 517.
Farnley 639; -Stahlwerk 701.
Farrar-Stahl 181.
Fauler, Ant., 534.
Faustmann 764.
Favre & Silbermann 503.
Fayette-Brown 475. 479; — Federal Steel Co. 1317.
Fehland, H., 451.
Feilenhaumaschine 297.
Feinblechfabrikation 831. 836. 837; -korneisen 391. 836; -periode 139.
Felgueraswerke 1249—1252.
Fellnberg, von, 21.
Felten & Guillaume 871.
Feltgen, M., 579.
Feodosieff 859.
Ferlach 1153.
Fernquist, B., 70.
Ferrand, Paul, 1348.
Ferrari, von, 1237.
Ferreria 286.
Ferrie, W., Ferriehochofen 457. 484. 906.
Ferrit 383. 388.
Ferrochrom 742—745, 1208; -mangan 145. 147. 156. 485. 486. 623. 654. 1087. 1148; -nickel 747. 748; -silicium 343. 529.
Ferry-Hill 238. 450. 905.
Fertigfabrikate 1136.
Festigkeit 391. 396. 400. 401. 633. 710.
Festigkeits-Atelier 28; -bestimmung 27; -proben 389. 390; -vorschriften 390; -ziffer 400.
Festner, E., Hoffmanns-Ofen 415.
Fettling 110.
Fetttopf 838.
Feuerbach 845.
Feuerung 106. 321. 322.
Feuerwaffen 884—889.
Fichet-Heurtey 425.
Fieber, R., 366.
Fillafer 31; -Gasröstofen 1188.
Finkener, Professor, 345. 351. 357. 364. 656. 691. 700. 804.
Finnland 281. 563—565, 1205—1208. 1218. 1221—1230.
Finspång 1188—1193.
Firminy 177. 178. 185. 466. 598. 697. 719. 809. 888. 1086. 1087. 1089. 1095.
Firth of Forth-Brücke 753.
Fischbach, W., 1272.
Fischer, F., 196. 367. 368. 425. 536. 559; —, Georg. 1268.
Fish, W., 2. 404.
Fitsch 873.
Fitzner, W., 74. 1002; Fitzroy-Eisenwerke 1370.
Flamm 205; -ofen 273. 569; -ofenflufsstahl 702. 771. 1001. 1009; -ofenfrischen 588—614; -ofenstahlerzeugung 310; -ofenstahlschmelzen 171—176.
Fleischer, Dr., 693.
Fleitmann 371. 376.
Fleury, A. L., 26. 27. 75. 90. 93. 229. 403.
Floridsdorf 178. 272.
Flotat, A., 795. 1089.
Flotow 810.
Flufseisenstahl 218—230. 306—309, 311—315. 328. 589. 614. 752. 753. 913. 914. 937. 1023. 1045. 1057. 1077—1079. 1136. 1187. 1196. 1201. 1242. 1260. 1261. 1376; -bereitung 122. 897. 967. 994. 1001. 1163; -blech 845. 846; -erzeugung 245. 307. 308. 311. 937. 966. 967. 1057. 1058. 1083. 1108. 1122. 1134—1136. 1143. 1173. 1177. 1179. 1183. 1201. 1215. 1226—1229; -fabrikate 1054. 1055. 1108. 1109; -werke 1030—1032.
Flufsspat 74. 156. 583; -stahl 392. 753. 1056.
Flufsstahlerzeugung 194. 233. 1201. 1377; -fabrikation 919; -prozefs 1142; -schienen 1334. 1335.
Föhr 363.
Förster, Ferd., 1166.
Fonte glacé 1085.
Fontenay, de, 181.
Foote, F. A., 1308.
Forbacky 424.
Forbes, Dav., 188. 1358.
Ford Benj. 441.
Fordoner Brücke 397. 753.

Digitized by Google

Forell, von, 518.
Forest of Dean 129.
Forges d'Aiseau 755.
Formen (Wind-) 55.
Formgebung 757, 774—784, 943; -kasten 85, 541; -maschine 86, 87, 545—548, 992, 1020, 1086; -sand 85, 540; sandmühle 541; -tisch (automat.) 547.
Forno - Convertisseur 700, 1088.
Forquignon 340, 341, 403, 559.
Forsberg. J. A., 587, 588.
Forster, Le Neve, 357.
Forsunkafeuerung 418, 1218.
Fort-Pitt-Stahlwerk 570.
Fouragin 92.
Fox, Sam., 850, 870; —, Head & Co. 119, 596.
Fracht 1277, 1313.
Främbs 839.
Fraisant 669.
Franche-Comté-Schmiede 100, 1185, 1186, 1198, 1199.
Francis 560.
François, Leon, 444; -koksöfen 36.
Frank 342; —, Dr. 692; —, Jac., 551; —, Otto, 1027.
Franklinit 287.
Frankreich 75, 90, 92, 97, 119, 136, 151, 159, 207, 232, 234, 245—253, 305, 308, 318, 335, 395, 529, 603, 622, 624, 633, 642, 662—664, 669, 670, 689, 702, 705, 706, 709, 719—724, 744—746, 753, 758, 858, 893, 1084—1116, 1122, 1250, 1251.
Franquinet-Dalloye 207.
Frantschach 117.
Franzen, Emil, 409.
Franz-Josefs-Hütte 662.
Fraser 223.
Fraunhofer'sche Linien 140.
Frazy 857.
Freedom-Stahlwerk 295.
Freeston, F. A., 619.
Freiberg i. S. 892.
Freibibliothek 1315.
Fremy 13, 14, 180, 184.
Fresenius, R., 20, 22.
Fréson, Jules J., 710.
Freund, J. C., & Co. 993.
Frey 137, 1147.
Freytag 794.
Frick 1314.
Frictionskuppelung 213, 791, 792, 928, 1000.
Friedau, von, 31, 1146.
Friedenshütte 409, 462, 524, 663, 683, 717, 719, 721, 1003, 1019.
Friederich, C., 783; -Wilhelmshütte b. Siegberg 44, 55, 66; -Wilhelmshütte b. Mülheim 461, 473.
Friederici, F., 502, 505, 506.
Frischen 97.
Frischherd 100; -hütte 586; periode 139; -schlacke, -schmelzen 75, 76, 234.
Fritz, George, 791, 792, 794, 1282; —, John, 212, 293, 621, 674, 782, 794, 800, 801, 1282, 1289, 1296, 1302.
Fröhlig, Carl, 450, 466.
Fromme, C., 399.
Frommont 1118.
Fronheiser, C., 469.
Froriep, Otto, 877.
Fryer 494.
Fünfkirchener Koks 271, 272.
Füttern 99.
Fuller, P., 810.
Funk 391.
Fufskastenapparat 41.
Futschau 1352, 1355.
Futter 592.

G.

Gaines-Windform 1308.
Gallas, J., 551; —, Pet, 540.
Gallet, Vict., 187.
Galloway 1258.
Galvanisierte Bleche 844.
Galy-Cazalat 115, 156, 217, 758.
Gandebien-Koksofen 36.
Gant, H. L., 773.
Ganz 85, 543; — & Co. 535, 1147.
Gardiner 34.
Gardner, Gebr., 184.
Garnier, Jules, 405, 734, 747.
Garnkirksteine 471.
Garret, W., 866, 869, 870, 873, 1296, 1317.
Garrison, A., 537; —, F. L., 377; — & Lynwood 378.
Gartsherrie 41, 237, 518.
Gas 352, 497, 630, 632; -abführung 65—67; -analyse 21, 366; -anwärmer 1188; -erzeuger 420, 422; -fang 65, 66, 473; -feuerung 107, 775; -hochofen 59, 70; -maschine 195; -prozefs 92; -puddelofen 110, 151, 601; -puddelofen, schwingender 114; -puddelprozefs 1085; -ringofen 644; -röstofen 430, 431; -schweifsofen 149, 612, 1189; -schweifsung 884; -wascher 67, 68.
Gaudin 84.
Gaulliard 18.
Gauntlett 369.
Gautier, F., 342, 343, 401, 528, 625, 631, 739, 759, 762, 784, 785, 936, 1087, 1092.
Gayley, James, 511, 1299.
Gdanzewskiwerke 1313, 1216.
Gebläse 432, 539, 546; -maschine 30, 40, 235, 325, 433—435, 516, 620, 908.
Getle 197.
Geifsler 357.
Geleisemuseum 1013.
Gellivara 1184, 1188, 1192, 1195.
Gemünd i. d. Eifel 137.
Gene, Dr. Friedr. Bartley, 1347.
Generator 107, 420—422, 722, 723; -feuerung 172; -gas-Röstofen 33.
Genua 1238, 1239.
Georgs - Marienhütte 34, 46, 58, 62, 67, 71, 257, 269, 438, 623, 876, 987, 990.
Gerhardi, R., 80, 533.
Gerhardt 570.
Gerlach & Bömcke 727.
Germaniawerft 1029.
Gersha, W., 199.
Gesamtkohlenstoff 355.
Geschosse 227, 886.
Geschütz 2, 3, 225—227, 886—889; -giefserei 234.
Gestehungskosten 633, 1341.
Gestell 456, 466, 486 (s. Hochofengestell); -kühlung 56, 57.
Gewerbefreiheit 264.
Ghilain, A., 631.
Gibbons, John, 48, 117.
Gicht 456; -aufzug 478—481, 908.
Gichtenwechsel 76.
Gichtgas 426, 518; -analyse 497, 498; -reinigung 476—478; -fang 65—67, 473—476; -heizung 44; -kraftmaschinen 519—525.
Gichthut 65; -öffnung 48; -pfannenwagen 489, 490; -staub 478; -turm 68; -verschlufs 475, 1019.
Gidlow 600.
Gienanth, von, 662, 996.
Giefserei 993, 1218, 1268; -eisen 290, 526, 988, 1051.
Giefsgrube 659; -pfanne 85, 551, 621, 661; -tisch 493, 548; -wagen 770.

Digitized by Google

Gigli & Ponsard 1236.
Gilbee, W. A., 184.
Gilchrist, Percy C., 304, 636, 640, 641, 648, 662, 694, 712, 754, 926, 931—933, 940, 941, 958.
Gildemeister & Kamp 1009.
Gillon, A., 407, 1122, 1123.
Gillot 68, 701, 941.
Gintl 362.
Girard 230.
Gittoes, G., 80.
Givors 193, 247; —, Harel & Co. 247.
Gjers, John, 33, 46, 119, 190—192, 429, 432, 433, 437, 438, 443, 444, 478, 529, 661, 674, 758, 906—908, 934, 938, 955, 958, 1107; — Durchweichungsgruben 825; — Gichtaufzug 478; — Heizgrube 776, 1120.
Gjers, Mills & Co. 936; —, Winderhitzer 437, 438, 443, 986, 1144, 1145.
Glättwalzen 841.
Glanzblech 832; -eisen 343.
Glanzer 603, 606.
Glaser 355.
Glasgow 149; — Iron Comp. 754.
Gledhill, J. Manasseh, 551, 735, 810.
Gleiwitz 456, 461, 471, 496, 501, 1002, 1004, 1009.
Glengarnock 664.
Glentonwerk 1280.
Glenwood 1284.
Glenzer, Max, 1149.
Glisenti 1236, 1238, 1239; -Gufsstahl 187.
Glockenapparat 473; -stühle 209.
Glöckner, Gebr., 556, 766.
Glühkiste 837; -ofen 179; -schweifsverfahren 881.
Gmelin, D. O., 334, 355, 358; —, H., 1281.
Gobietkoksofen 36.
Godin, M., 547.
Gödecke, Carl, 409, 440, 445, 448, 991, 1004, 1149.
Gömör 1161.
Görenson, F., 122, 132, 274, 628, 629, 1181, 1189.
Görke, M., 541.
Goes, W., 839, 1013.
Götz, W., 364, 365.
Goguel 55.
Golding, J. French, 845.
Goldschmitt, D. Hans, 429, 560, 884.
Goliathschiene 826, 943.
Goobin 280.
Goodwin & Howe 551.
Gordon 434, 502, 504, 508, 1295, 1305; —, Strobel & Laureeau 1297; -Gore-Hochofen 1287.
Gorjainow 465, 724, 1213, 1215.
Gorman, W., 601, 915.
Goroblagodat 282, 1208.
Goutal 343—345, 350.
Gouvy, A., 713.
Govanhütte 908.
Grängesberg 1184, 1192.
Graham 351, 366.
Grand-Tower 292.
Granjer 423, 716.
Graphit 168, 338, 341; -ziegel, 472.
Gravenhorst 69.
Graz 130, 145, 153, 271, 612, 716, 1146, 1148, 1149, 1152, 1168.
Gredt, Paul, 498, 502, 508.
Green and Leybold 880.
Greenwood & Ratley 29, 787.
Gregorini 111, 1236, 1239.
Gregory, Dudley S., 297.
Greiner, A., 312, 524, 1119, 1124.
Greiner & Erpff 537.
Grefsler 687.
Grey, Dav., 844.; —, Henry, 822.
Griechenland 1273—1275.
Griffith 113, 119, 597, 679, 938.
Grill, A., 101, 122, 130, 141, 181, 275, 1205.
Grimshaw, D., 196.
Griswold, Joh. A., 295, 297, 614, 1284; — & Co. 296, 1080.
Grobblech 845, 851.
Gröbe-Lühmann 422, 704, 995.
Gröditz 533, 993.
Gröndall-Dellwick 429.
Grofsbritannien 49, 50, 234—245, 306—310, 317, 897—976, 1232, 1250, 1251, 1265, 1270, 1274, 1276, 1350, 1365.
Gruner, L. E., 14, 18, 20, 113, 123, 129, 139, 183, 187, 190, 312, 313, 354, 373, 394, 405, 438, 456, 498, 499, 500—504, 600, 625, 636, 639, 695, 714, 750, 1085, 1088, 1091; — & Lan 234.
Gruppenform 729.
Gruson, Hermann, 85, 227, 428, 556, 557, 693, 887, 888, 1004, 1006, 1020.
Gubbins 810.
Güsse (blasenfreie) 216, 217, 219.
Guest 114.
Güteziffer 393.
Guettier 26.
Guiesse 200.
Guilleaume, F. X., 578, 877.
Guinier 199.
Gurjewski 1214.
Gurlt, A., 15, 27, 143, 571, 1249; -Gasprozefs 92, 571.
Gufseisen 1045—1048.
Gufsputzmaschine 554; -stahl 210, 290; -stahlfabrikation 180—199; -stahlgeschütz 3, 4; -stahlkanone 182, 222—224; -stahlwerk 1268; -waren 1224; -warenerzeugung 255, 260, 308, 1049—1052, 1073, 1080, 1082, 1083, 1196.
Gutehoffnungshütte 525, 582, 608, 619, 643, 662, 688, 699, 725, 985, 1360.
Gutersohn, Adolf, 840, 841.
Gutmann, Alex, 553, 554, 872.
Gyala 1144.

H.

Haarmann 644, 825, 1013.
Hackeisen 1209.
Hackney 709.
Hadfield, R. A., 342, 347, 348, 371, 397, 401, 739, 743, 744, 757, 763, 888, 958.
Haedicke, H., 666, 893.
Hämatit 73; -eisen 221.
Hänel, W., 873.
Härte 401; -grad 737; -kohle 341; -probe 389.
Härtung 386, 839.
Härtungskohle 16, 338.
Hahn, D., 16, 17, 19.
Haigon 1358.
Hainsworth, A. W., 668, 676, 1289.
Halberg 87.
Halbgasfeuerung 111, 994, 1119.
Halbstahl 131, 176.
Haldy-Koksofen 36, 87, 555.
Hall, J., 138; —, John Fr., 746.
Haltepunkt 386.
Hamburg 753.
Hamelius 533.
Hamilton, von, 273, 700; — Steel Co. 1344.

Digitized by Google

Hammer 197, 198, 780, 783; —, C. Th., 559.
Hamoir 579; -prozefs 596, 1087.
Hampe 356, 359, 361.
Handelsvertrag 245, 253.
Handl & Co. 1153.
Haniel & Lueg 787, 993, 1012, 1026.
Hankau 1353, 1354.
Hanley G. F., 811.
Hanne 1027.
Hannover 257.
Hansen, Jens, 537.
Hanson, Anton, 810.
Hanyang-Werke 1354.
Harbort, F. W., 708, 750.
Hargreaves, James, 163, 164, 167, 189, 198.
Harkort, Fritz, 1002; —, Joh. Casp. 27; —, P. 218.
Harmet, J. H., 647, 712, 749, 762, 1009, 1089; -Verfahren 677, 1150.
Harmony 292.
Harnäs 501.
Harris, W. E., 816; —, J., 215.
Harrisburgh 664, 1280, 1282, 1293.
Harrison, Art., 1305; —, Jos., 85.
Hartgufs 85, 555, 1147; -granate 887; -räder 556.
Hartig 399.
Hartlepool 1282.
Hartley & Petyt 525.
Hartmann 496, 1297; —, Rich., 993.
Hartung 369.
Hartwich 209, 391, 825.
Harvey, H. A., 859, 860, 1302.
Harzé, Em., 1122.
Harzer Hütten 257, 268.
Hasenöhrl 165.
Hasleton, G., 780.
Hassel, Wilh., 783.
Haswell 195; —, S., 785; -presse 196, 1000.
Hatton, G., 669, 711, 817, 942; —, Sons & Co., 938.
Haudry-Bonfosse, C., 686.
Hauer, von, 38, 655.
Haupt 642.
Hausloh, Fr., 693.
Hautefeuille 342, 351 (s. von Troost).
Havard-Universität 894.
Havré 411.
Hawkeworth & Glarding 215.
Hayange 247, 447, 610.
Hayingen 662, 663, 679, 682, 689, 986.
Head 601; —, Th. H., 790; —, Jeremich, 946; —, Wrightson & Co., 1358.
Heath, J. H., 171, 172, 594, 915, 919, 1364.
Heaton, John, 110, 163, 188, 189, 195.
Hebetisch, 822, 855; -vorrichtung (hydraul.) 552.
Heft 137, 138, 141, 271, 625, 1146, 1153, 1157.
Hegenscheid, W., 1002.
Heinrich VIII. 900.
Heinrichshütte b. Aue 78; — b. Hamm 265.
Heinzerling 1028.
Heinzmann 449; — & Dreyer 544.
Heirowski, E., 1160.
Hellefofs 278.
Helmholtz 582, 653, 795, 1000, 1007.
Helson, J. B., 92.
Hempel 367.
Hemphill - Reversiermaschine 856.
Henckells, A., 783.
Henderson, James, 151, 156, 169, 572, 577, 578, 608, 712, 739, 777, 916, 926; —, W., 91, 99, 494; —, W. M., 676.
Hendl 825.
Heräus, W. C., 370.
Herbertz, F. A., 413, 535, 1006.
Herd 561; -flufseisen 1057; -flufsstahl 694—731, 1333, 1334; -flufsstahlerzeugung 967, 971, 972; -frischprozefs 586—588, 1024; -prozefs (offener) 296; -schmelzprozefs 948; -stahlerzeugung 919; -stahlfabrikation 947, 948.
Hering 402.
Herlischka 579.
Hermannshütte 262, 990.
Hermelin, E. Y., 737.
Hernandthaler, E. Ges., 1167.
Herr-Zeele, van, 183.
Herstal 405, 1124.
Herzegowina 1177.
Hessen (Grofsherzogt.) 1080.
Heufsinger von Waldegg 209, 825.
Hewitt, A. L., 233, 287, 289, 294, 296; —, H., 815, 842.
Heyn, E., 353, 384.
Heyrowsky 623.
Hibbard, J. D., 548.
Hibbards Zellenrad 490, 492, 1311.
Hibell, Colbon & Co., 229.
Hieflau 271, 1157.
Highfield, W. E., 810.
Hilf 825.
Hilgenstock, G., 344—346, 449, 469, 487, 584, 585, 640, 641, 992, 997, 1004, 1008, 1009.
Hilgers, Jac., 849.
Hill, Warren J., 106, 400, 770.
Hillon & Dejardin 793.
Hilton, Frank, 714, 809, 942.
Himmelskratzer 755, 1305.
Hinterindien 1366.
Hinterlader 4, 221, 225.
Hinterland, hessisches, 269.
Hinton, Georg, 80.
Hobrecker, 229.
Hobson, H., 1353; — & White 1353.
Hochdruck-Rostgebläse 1006.
Hochfeld-Duisburg 605.
Hochofen 47, 59, 64, 234, 237, 241, 252, 273, 276, 291, 293, 325, 427—525, 905, 945, 963, 1070, 1093, 1121, 1131, 1223, 1237, 1239, 1242, 1250, 1251, 1323, 1327; -anlage 446, 447, 481; -bau 46; -betrieb 34—80, 1014; -dimensionen 452—457; -erzeugung 78, 1038—1040; -erzeugnisse 1070; -gas 70; -gasmaschine 1010; -gestell 51, 55, 58; -höhe 55, 56; -hütten 1067, 1106; -industrie 989; -produktion 214, 260, 272, 514—516, 1068—1070, 1196; -profile 49, 50; -schacht 59; -schlacken 73, 78, 79, 493, 912; -statistik 1326; -stopfbüchse 473; -werke 1016, 1104.
Hochschule, technische, 891, 892, 1015.
Hochstätter, S., 17, 75, 337.
Hochstrate, H., 417.
Hocking Valley 1188.
Hodgson, O. G., 811, 848, 865, 1250.
Högbö 132.
Hoepfner, E. W., 582.
Hörde 28, 66, 67, 138, 153, 207, 214, 266, 433, 470, 520, 534, 618, 621, 624, 641, 642, 650, 656, 662, 663, 975, 680, 692, 701, 794, 991, 996, 997, 999, 1005.
Hörder Bergwerks- u. Hüttenverein 583, 585, 992, 1007, 1009.
Hoesch 870, 1009; —, Dortmund, 663; —, Leopold, Eberhard, 121; —, Lichthammer, 825.

Hoff, von, 41, 66, 67, 266, 473.
Hoffmann, von, Gust., 411.
Hofmann 106.
Hofors 406.
Hohenegger, A., 825, 850.
Hoho 405, 882, 883.
Holiday 196.
Holländisch Indien 1366.
Holland jun., W., 873; —, Calvas R., 253, 800.
Holley, Alex L., 164, 166, 213, 295, 296, 313, 617, 620, 630, 646, 647, 659, 674, 688, 710, 750, 791, 793, 922, 996, 1150, 1282, 1286, 1288, 1290; -Losboden 1150; -Trio 793, 794.
Holtzer & Co. 888, 1087, 1093, 1095.
Holz, trockenes, 69; -gasgenerator 722, 723; -gasofen 107; -kohle 1279; -kohlenbetrieb 273, 278, 1144; -kohlenhochofen 68, 69, 235, 285, 293, 1146; -kohlenroheisen 252, 1223; -verkohlungsofen 1194; -wolle 541.
Homestead - Stahlwerk 717, 746, 861, 1296, 1307, 1310, 1311.
Homogeneisen 131, 141, 312; -stahl 182.
Hope, J. V., 543.
Hopkins, Gilhes & Co., 591, 593, 608, 914.
Hopkinson 402.
Hopper, H. J., 297.
Horizontaldoppelhammer 215.
Horn, Franz, 670, 672.
Houldsworth 911.
Hourpes a. d. Sambre 607, 1124.
Howard, J., 86, 87, 400.
Howard, Ravenhill & Co. 204.
Howartson 601, 612, 774.
Howdon 451, 459, 492, 493; — & Howson 946.
Howe, H. M., 312, 340, 345, 349, 352, 375, 377, 381, 383, 384, 401, 684; —, J. B., 182, 183.
Howson 119, 459; — & Godfrey 596, 919; — & Thomas 596; — & Wilson 430, 908.
Hoyersmann, G., 693, 1008.
Huber 821, 1312.
Hubert, Professor, 161, 524.
Hubertushütte 262.
Hüfsener, A., 410, 411.
Hüttenanlage 78; -arbeiter 1067; -laboratorium 24, 78, 315, 336; -reise 910; -schule 892.
Hüttenberger Eisengewerkschaft 1153.
Hughes, J., Prof., 201, 402, 1205, 1207, 1211, 1213; — & Gorothorp 488, 1298.
Huldschinsky 789, 1002, 1156.
Hulett, Georg H., 1313; -Erzumlader 1313.
Humbold 417.
Humboldt, Gesellschaft, 599.
Hunt, A. E., 762; —, Rob. W., 229, 236, 238, 241, 493, 798, 1294; —, J., 468.
Huntsman, Benj., 895.
Hupfeld 272, 566, 669, 990, 1154.
Husgafvel, Chr., 563, 1209; -ofen 1218.
Hussey, Bing & Co., 808; — & Wills 290, 297.
Huston 390.
Huta-Bankowa 1210.
Hutchinson, Edw., 795.
Huth & Co., Friedr., 996; —, P., 551.
Hydraulik 126, 127, 401.
Hydraulische Presse 143, 611; — Schmiedepresse 401.
Hydroelektrisches Schweifsverfahren 882.

I. J.

Jackson, J., 129, 159; —, W., 124; —, Petin & Gaudet 210; —, James Son & Co., 132.
Jacobi 430, 432, 1144.
Jacoby, Haniel & Huyssen 136.
Jäger, C. H., 340, 1006, 1020.
Jahresbericht 12, 333.
Jameson 410, 935.
Janoyer 346.
Japan 894, 1356; — Steel Co. 1359.
Jaraguagebirge 1347.
Jauerburg 485, 623, 1144.
Ibbotson, F., 365.
Ibrügger, Gust., 533, 534, 1006; — Kupolofen 526.
Iehring, A. von, 435.
Jenisch 693.
Jernkontor 1187.
Jersey-City 612; -schmiede 561.
Ihne 30.
Ihfsen 540.
Illinois 287, 865, 1282, 1289; — Steel Co. 730, 853, 872, 1300, 1302, 1309, 1316, 1317.
Ilsede, Ilseder Hütte 35, 60, 74, 257, 269, 449, 461, 497, 514, 649, 658, 662, 986, 987, 991, 994, 1150.
Ilsenburg 86, 89.
Imbert & Leger 773.
Imphy 161, 1092.
Inanspruchnahme 397.
Indianopolis - Eisenwerk 573, 1298.
Indian Steel Co. 1364.
Indirekte Eisengewinnung 567.
Industrieausstellung 1206.
Ingenieurverein (Japan) 1359.
Ingotform 626.
Innerberger Hauptgewerkschaft 271, 600, 1145, 1153.
Innertkirchen 1270.
Intze 1028.
Invaliditäts- u. Altersversicherung 894.
Jobson 86, 87.
Jönköping 1185.
Joeuf 662, 664, 1090.
Johanneshütte 990.
Johnson, J. H., 97, 99, 106, 168, 697, 814, 867, 1287; —, James Yate, 766; — & Calvert 103; — & Nephew 229; — & Co. 1307.
Johnston 362, 1313.
Johnstown 1307.
Joliet-Werke 419, 1282, 1285, 1295, 1301, 1305, 1317.
Jones, F. F., 569, 570; —, J. A., 591, 914; —, H. R., 632, 685; Wm. R. (Captain) 495, 676, 680, 686, 814, 1009, 1288, 1294, 1298; — & Laughlin 1281, 1287, 1303.
Jordan, S., 18, 74, 169, 232, 238, 246—248, 265, 487, 1086.
Josephsthal 612, 1148.
Jossa, von, General, 138, 282, 579, 1207.
Joy 197.
Ireland, Irelandofen 80.
Iron- and Steel-Institute 12, 317, 591, 635, 638, 639, 656, 746, 957, 1153.
Isbergues 1094.
Iseosee 1236, 1239.
Iserlohn 893.
Italien 233, 284—286, 1234—1248.
Itzenplitz, Graf von, 390.
Judenburg 145, 149, 271, 1146.
Jüllich 605.
Jüngst, Bergrat, 70, 342, 343, 513, 526, 528, 529, 555, 1006.
Jüptner von Johnsdorf, Hans,

Digitized by Google

338, 340, 344, 345, 355, 356, 358, 367, 377, 385, 389, 713.
Jukes, Glover & Boſshardt, 537.
Julien, Ed., 882.
Julin, von, 1206.
Junghann 643, 1002.
Jurowskihütte 1216.
Justice 647.

K.

Kärnten 137, 586, 1153, 1157, 1162.
Kaiserslautern 662, 996.
Kalán 484, 1145, 1153, 1167.
Kalb, de, 865 = Dekalb.
Kalender 833.
Kalk 485, 611.
Kalker Maschinenfabrik 883.
Kallinge 587, 1194.
Kalorimeter 368.
Kalorimetrie 362.
Kaltwalzen 800, 1281.
Kamenskihütte 1201, 1213.
Kammerich, Gottfr., 849.
Kamp & Co. 861, 1007.
Kanada 1343—1346; — Iron Furnace 1343.
Kannegieſser, Rob., 783.
Kanone 222, 223.
Kapfenberg 739, 740, 1153.
Kapff, Ferd., 685.
Kapselgebläse 88, 89, 993; -rad 539.
Karlis 338—341, 385.
Karburet 338.
Karcher & Westermann 247, 1086.
Karl-Emilshütte 1158.
Karmarsch 85, 870.
Karsten 284, 337, 338, 383, 631.
Kasan 1217.
Kasimow 215.
Kastengebläse 1356.
Katalanschmiede 561, 563.
Kaukasus 1212.
Kazetl, G., 570.
Keep, J., 529, 538, 936.
Kehrwalzwerke 202, 208.
Keilverschluſs 225.
Keller & Banning 782.
Kellog, Charles, 811.
Kelly, William, 293—295.
Kennedy, John S., 489, 1303; —, Jul. Hugh, 442, 444, 446, 448, 468, 811, 1293; —, Walter, 481; —, Latorpe, 1301; — & Scott 474, 480, 1296.
Keppen, A., 283.
Kerl, Bruno, 8.
Kern, Sergius, 582, 625, 742, 744, 762, 1208, 1209; — & Co. 868, 1002.
Kernformmaschine 546.
Kerpely, A. von, 74, 79, 117, 190, 377, 400, 401, 482, 563, 566, 644, 893, 1141, 1144, 1154; —, A. von, junior, 598.
Kertsch 1216.
Keſsler, F., 215, 360; —, H., 428, 628, 629.
Kettenwalzen 815.
Keystone 297.
Kiang-Nan 1354.
Kick, Peter, 808.
Kiesabbrände 483, 913; -rückstände 904.
Kieselmanganeisen 1089.
Kieſselbach, C., 779.
Kieſsling & Möhlmann 868.
Kilafors 704.
Killing 736.
Kimiki 1218.
Kinder, C. W., 1354.
Kindinger 70.
King, John Thomas, 680; — & Sohn 29.
Kinscher 1359.
Kintzle, F., 400, 1028.
Kippofen 719, 730, 1305.
Kirchhoff 25, 140.
Kirk 40, 610.
Kirkaldy, David, 28, 190, 390, 399, 891.
Kirkham 423; -patrik 644; -stall-Forge 597.
Kirschweger 29.
Kirunavaara 1184, 1263.
Kitson 791, 794, 796, 928; —, Arthur, 424, 480; — & Chalas 791, 928, 958, 1089; — & Co. 432.
Kittaning 419.
Kladno 35, 271, 432, 662, 664, 687, 727, 1144, 1146, 1147, 1157—1162, 1164, 1168.
Klatte, Otto, 815, 1010.
Klee, Jos., 841.
Klein, Gebr., 779, 820, 869, 871, 1004, 1027; —, Schanglin & Becker 552, 1020.
Kleinbessemerei 665—673, 772, 1091, 1190; -stahlguſs 772.
Kleineisenzeug 1151; -gefüge 376, 379; -reifling 1151.
Klönne 413, 417.
Klötzel s. Knüppel.
Kloman, Andrew, 792, 795.
Kloster 278; -eisenwerk 132, 136.
Knabkoksofen 37, 409, 416, 1118.
Knittelfeld 1153.
Knowles 639, 925.
Knüppel 836.
Knut Styffe 893.
Kobalt 349.
Kobe 1359.
Kochperiode 139.
Kögel, Dr. F., 801, 803, 1011; -Walzsystem 802.
Köhler, W., 21, 51; -schule 1194.
Köln-Müsener-Hütte 58.
Königin-Marienhütte 153, 160, 605, 624, 987, 996, 1106.
Königsbronn 84; -hof 1158, 1160, 1162, 1164; -hütte (Harz) 257, 268; (Schlesien) 46, 59, 103, 146, 262, 269, 609, 663, 675, 709, 985, 989, 996, 1002.
Königs- und Laurahütte 643.
Köpke 399.
Körting, Gebr., 525, 540, 544, 993; -Streudüse 478.
Köstlin 209.
Kohleneinfuhr 1254; -erzeugung 1099; -förderung 1142, 1219, 1320; -oxydgas 353, 500, 503; -sack 456; -säure 165, 500, 503, 759; -säuretlaschen 755; -stahl 312.
Kohlenstoff 15, 22, 337, 338, 385, 657; -bestimmung 355; -gehalt 400, 720; -ziegel 472.
Kohlenverbrauch 72, 1099, 1254; -wäsche 417, 418.
Kohlrausch, Fr., 871.
Kohlsva 586.
Kohlungsverfahren 859, 860.
Kohn, Ferd., 9.
Koks 251, 1157; -einfuhr 1099; -ersparnis 82; -erzeugung 1035, 1153, 1154; -fabrikation 35, 407, 1118, 1126; -hochofen 1144, 1146; -ofen 36, 416, 1309; -roheisen 252, 1223; -verbrauch 48, 905.
Kokums Werke 1194.
Kollmann, Dr. Jul., 398, 609, 699, 790, 797, 995.
Kolomna 1207.
Kolorimetrische Probe 23, 366.
Kolpinsk 1215.
Kolumbia 1348.
Komotau 806, 807, 1155.
Kompensation 68.
Kompensator 448.
Kondensation 107.
Kongobahn 1367.
Koninck, W., 631.
Konstruktionseisen 755.
Kontsche-Osero 564.

Digitized by Google

Konverter 124, 133, 145, 159, 160, 164, 242, 251, 268, 373, 589, 615—618, 621—624, 648, 649, 665—668, 671—674, 677, 688, 938, 968, 969, 1125; -boden 128, 687, 947, 995; -flufseisen 1057; -roheisen 1090; -stahl 967—969, 978, 1111; -stahlerzeugung 933; -stahlschienen 970.
Kopfwalzwerk 210, 211, 212.
Kopparberg 1184.
Koppmeyer, M. H., 671, 712, 713, 1155.
Kornfrischschlacke 118.
Korzinck 135.
Kraft 1019; -maschinen 1229.
Kran 147, 161, 405, 551, 621.
Krankenversicherung 894.
Kratz & Strafsmann 815.
Kreeft, S. C., 27.
Kremer & Schüchtermann 417.
Kreuzburger Hütte 269.
Kreuzkanal 465.
Kreuzpointner 383, 397, 847.
Krigar 1006; —, Alfr., 994; —, Friedr., 536; —, H., 81, 82, 540, 991, 992; -ofen 993; — & Ihlsen 81, 1020.
Krinolinenstahl 229; -verankerung 467.
Kritische Punkte 339—341, 387, 388.
Krivoi-Rog 1210, 1213, 1217, 1220.
Krompbach 1167.
Kronwerke 279—282.
Krüger 547.
Krug von Nidda 263.
Krupp, Friedrich, 3—7, 14, 134, 135, 147, 181, 182, 194—196, 199, 201, 206, 210, 220—227, 266—268, 317, 416, 428, 557, 580—582, 616, 621, 623, 627, 677, 685, 700, 747, 749, 751, 759, 761, 771, 781, 785, 788, 813, 857—859, 861—864, 879, 885—889, 987, 990, 991, 994, 996, 999, 1000, 1010—1013, 1020, 1024—1027, 1029, 1191, 1249, 1302; —, Alfred, 2, 3, 5, 124, 195, 221—223, 258; —, Friedr. Alfr. von, 1026.
Kruppmetall 581; -waschprozefs (-ofen) 581, 582, 1296.
Kuba 1347.
Kudlicz, W., 555.
Kudsir 1155.
Kühlkasten 58, 59, 469; -platten 467—470.
Küpper, Carl, 605.
Kugel 868; -mühle 693.
Kuhn & Co. 414.
Kuhne, Hugo, 870.
Kulebaki 457, 1207.
Kulibu 1209.
Kunstgufs 89; -schmiederei 1215.
Kupfer 348, 825; -stahl 751.
Kupolofen 80—83, 116, 160, 532—539, 633.
Kuppelwieser, Franz, 120, 156, 158, 170, 178, 179, 196, 397, 497, 502, 656, 695, 712, 893, 1141, 1143, 1147, 1164, 1356; —, Paul, 676, 677, 712, 721, 1150.
Kurbriefe der Massenbläser 264.
Kurzwernhart 398, 1154.
Kutinsk 1212.
Kutznetzkogrube 1214.
Kweicheo 1354.

L.

Länder 330.
Längshyttan 275, 277.
Längsschwellen 209, 825.
Lagerschiene 929, 936.
Laglade 1085, 1237.
La Gloire 202.
Lagrange 405, 882, 883.
La Hitte 227.
Lake, R. W., 166.
Lake Superior 288; s. Obere See-Erze 1322.
Lamarde 92.
Lamberton & Co. 149.
Lambertz 669.
Lampe 54.
Lan 18, 103, 172, 187.
Lancashire 74, 129; -feuer 100, 101; -frischen, frischherd, -ofen 586—588, 1185, 1186, 1198, 1199.
Lancaster, Ch. W., 201.
Landore 485, 920; -prozefs 700; -Siemensstahlwerk 585; -verfahren 703; -werk 909.
Lang, Fr., 569, 1147.
Lang, L., 434.
Lang & Frey 75, 486.
Langen, Eugen, 58, 66—68, 76, 79, 106, 520; —, Th., 734.
Langens' Gasfang 265, 473.
Langlade, de, 601.
Langley 355; — Mill 189.
Langsdon 131.
Larkins Stahlprozefs 574.
Larsen 1188.
Larson 623.
Larue 403.
La Rue le 89.
La Salle, A., 123.
Lash 713.
Lauchhammer 38, 89, 993, 1024.
Laughlin, A., 778, 1317.
Laumonier 36.
Laurahütte 40, 68, 982.
Laureau 672.
Lauth 214.
Lauthsches Trio 815, 818, 833, 842, 853, 1119; — Walzwerk 791—793.
Lawrence, Frank, 533.
Lawrie, J. G., 850.
Lebanon Works 479, 1280, 1285.
Le Boeuf 68, 226.
Lecco 1240.
Le Chatelier 93, 173, 369—372, 398, 449, 580.
Ledebur 58, 340—342, 345, 346, 349—354, 358, 360, 361, 375, 377, 381, 401, 427, 456, 528—531, 558, 609, 682, 735, 767, 768, 869, 878, 879, 892, 993.
Leeds, F. S., 544.
Leeds 785, 788, 957.
Légenisel, E., 673, 762, 772, 1095.
Le Guen 19, 161, 168.
Lehighthal 1280.
Lehmkern 541.
Lehranstalt, Techn., 318, 892.
Lehrbacherhütte 257, 268.
Lehrwerkstätten 893, 894.
Leibeigenschaft 279.
Leidig, H., 810.
Leistungsfähigkeit 1327.
Lemoir, Alex, 181.
Lemut (mechan. Puddler) 603, 1088.
Lencauchez 409, 638, 700, 724, 1090.
Lendersdorf 121.
Lenoir 195.
Lenox, W. & E., 871.
Leoben 186, 269, 270, 272, 640, 893.
Leon, José Ruyz de, 1347.
Leonhard, Franz, 814.
Le Quen 85.
Lessing, A. J., 1707.
Lester, John, 591; — & Jones 593, 594.
Levêque 440, 579.
Levick, Fr., 43, 111.
Lewes, 475.
Lewis, John T., 686.
Leyser & Stichier 137.
Lezias, H., 551.

Digitized by Google

Lichtbogenschweifsverfahren 881.
Liebe, W., 27.
Liebegg, A., 165.
Liebig 357, 359.
Liebschütz 272.
Lieferungsbedingungen 396, 398, 889.
Lielegg, A., 165.
Lignitkohle 69.
Ligurien 1238, 1243.
Lilienkron, K. von, 996.
Lilienstern, Rühle von, 645.
Lill, M. von, 699, 1147.
Limburg 1265.
Lime-rock 290, 291.
Lincolnshire 934.
Lindahl & Runer 197.
Lindauer 73.
Lindberg, L. M., 586.
Lindenthal 582.
Linge, A. R. von, 339.
Lingen 70, 1265.
Lintorphütte 79.
Lipetzk 1217, 1218.
Lisborne 858.
List, Dr., 19, 103, 117.
Lithgow-Eisenwerke 1370.
Litteratur 7—12, 318—334, 379.
Litterwall 355.
Ljunberg, E. J., 486, 1195.
Liverdun 572.
Liverpool 153.
Livorno 1243.
Llandore 230.
Llanelly 609.
Lloyd 754, 773; — & Forster 136; — & Lloyd 883.
Lockout 243.
Löhnert 693.
Löhr, C., 815, 850.
Löhsfors 273.
Lösung, Löslichkeit 337, 338.
Lösungsfähigkeit 386.
Löwenthal-Lenfsen 22.
Lohage, A., 117, 145.
Lohmann 60.
Lokomotivbau 754.
Lollar 71.
Lombardei 285, 1234—1239, 1242, 1243.
Lombars-Fallhammer 703.
London 181, 202, 317, 635, 881, 893; -Northwestern-Eisenbahn 216.
Londonderry, J. C., 1343.
Long, John, E., 446.
Longworth 783.
Longwy 662, 664, 677, 689, 816, 1092.
Lorain 475, 480, 496; — Steel Works 1307.
Lorenz, E., 355; —, W., 810.
Lorne 235.
Losboden 617, 618, 646, 647.
Losjöfors 1188.
Lothringen 451, 483, 1083, 1118.
Louis, H., 609.
Lovere 111, 1235, 1238.
Low, Howe, Ward 684.
Lowe, S. B., 293, 423.
Lowett-Finney 429.
Loyd, F., 67, 539.
Lucy-Ofen 456, 474, 491, 496, 510—513, 1287, 1293.
Lührig 417.
Lürmann, Fritz W., 59, 61—63, 71, 79, 392, 413—415, 425, 440—443, 448, 449, 457, 464—466, 470—472, 480, 482, 537, 612, 762, 775, 1003, 1005, 1308, 1359.
Lürmanns Schlackenform 61—65, 71, 908, 911, 985, 1280, 1293, 1358.
Lüthy, Rob., 156.
Lüttich 209, 210, 1131.
Luftdruck 402; -hammer 688; -pyrometer 370.
Luleå 1192, 1195; -Gillivara-Bahn 1263.
Lundahl, J. F., 686.
Lundgren, A., 1209.
Lundin 107; -Gasschweifsofen 121, 277, 278, 586, 1141, 1188, 1208; -kondensation 612, 775.
Lundström, D., 715.
Lunge, G., 99, 118, 357, 367.
Luossavaara 1263.
Luppe 1271—1273, 1329, 1357.
Luppenfeuer, Luppenschmiede 561, 562, 1284, 1292.
Luppenmühle 610.
Luxemburg 252, 267, 451, 477, 483, 579, 649, 669, 989—991, 1001, 1081, 1082, 1118, 1121, 1131.
Lynn 1297; —, A., 883.
Lyon, Schort & Co. 98.

M.

Macar 602.
Mac Arthur, John, 1305.
Mac Callip, W., 867, 1287.
Mac Carty, W. F. M., 572, 1298.
Mac Clellan 544, 608.
Macco, H., 441, 446, 477, 667, 991.
Mac Cool, W. Allen, 811.
Mac Cosh 429, 935.
Mac Coy, James, 554.
Mac Creath 356.
Mac Dowell & Barbour 1274.
Macintosh 734, 1294.
Mackay, F. N., 518.
Mac Keesport 87, 1303.
Mackenzie 81, 535, 623; -ofen 533, 1285.
Mac Kinley-Bill 841, 1301, 1304, 1318.
Mackintosh, Hamphill & Co. 820, 855, 877, 1309.
Mackure, Dr. G. W., 287, 818, 820.
Mac Millan, Walter G., 358.
Mac William, A., 376, 732.
Made in Germany 985.
Madras 1365.
Märker, Prof., 693.
Märkische Maschinenbau-anstalt 799, 813, 861, 1025.
Maestragebirge 1347.
Mäurer 2, 205.
Magnesia, -böden, -ziegel, Magnesit 168, 642—644, 687, 688, 702, 705, 721, 1191, 1274.
Magneteisenerz 483.
Magnetismus 388, 402.
Magnitajagora 1212.
Magnuson 629, 1189.
Mahon 365.
Maidenpark 287.
Mailand 1238, 1239.
Main-Weserhütte 71.
Maizières-les-Metz 433.
Malaga 1251, 1252.
Mallet, Rob., 80, 84, 90, 190, 229, 550, 560.
Malmedie 187.
Mandelholz 111.
Mandley 85.
Mangan 18, 19, 338, 346, 359, 401, 528, 580, 583, 657, 681, 682, 761; -erze 1212, 1274; -silicid 771, 1089; -stahl 187, 347, 738, 739.
Mannesmann, Alfr., 802, 803; —, Carl, 802; —, Gebr., 802, 805, 808, 808, 1011; —, Max, 802, 808, 1028; —, Bernh. jun., 802, 807, 808, 814; —, Bernh. sen., 337, 376, 732, 755, 802, 1026—1028; -röhren 755, 805, 807; -röhrenwalzwerksgesellschaft 807; -walzverfahren 802, 803, 884, 886.
Mannstädt, L. & Co., 810, 1027.
Manometer 46.
Manufaktureisen 1196.
Marais, du, 410.
Marathon 1273.
Marcel, Frères, 207.

Digitized by Google

Marchienne-au-Pont 1123.
Marchlewski 357, 367.
Marguerite 15, 184.
Margueritische Probe 22.
Mariazell 30, 117, 207.
Marienhütte 612.
Mariupol 1216.
Markengesetz 984.
Marquette 1281.
Marquise 1081.
Marrel frères 858, 1093—1095.
Marsaut 417.
Marsden 35, 417.
Martenit 384, 385, 387.
Martens, A., 377, 378, 380, 390, 391, 398, 399, 401, 402, 531, 769, 890, 891, 1028.
Martien 99, 172.
Martin, B. D., 556; —, Camille 1121; —, Ch., 205; —, E. H., 870; —, Pierre, Emile, 84, 94, 172, 173, 175—180, 185, 188, 296, 695—699; —, Eduard und J. Louis, 871; — & James 488; -betrieb 1191; -flufseisen, (-stahl) 311, 836, 837, 1193, 1201.
Martinieren, Martinprozefs 174—180.
Martinkippöfen 715; -ofen 179, 720, 971, 1123, 1252; -prozefs 1, 177—180, 704, 707, 708, 994, 995; -Siemens-Prozefs 826; -stahl 1379; -stahlblöcke 1110; -stahlerzeugung 695, 941, 1186, 1188; -stahl-Formgufs 1200, 1324; -stahlwerk 177, 272, 708, 1218; -verfahren 283, 694, 1009, 1151.
Maryland 288; — Steel Co. 822, 1311.
Maschinenformerei 547.
Maskrey & Grumbin 840.
Mason 169.
Masonic Temple 756.
Mafsanalyse 359, 363, 366.
Masselausheber 1298; -brecher 488, 489, 946; -formerei 488, 491.
Massenez, J., 586, 641, 643, 650, 655, 658, 681, 997, 998, 1009, 1145.
Massey, A. Sch., 535, 538, 782; B. & S. & Co., 787, 949.
Massicks, H., 442; — & Crookes 1298.
Masut, Masutfeuerung 418, 419.
Materialprüfung 397, 890, 891, 1028; -transport 493.
Mathesius, W., 679.
Mathien 406.
Mathildenhütte 264.
Maubeuge 1087.
Maudsley 598.
Mausergewehr 885.
Maxhütte 625, 996, 1006.
Maximilianshütte 111, 662.
Mayr, Frz. von, 170, 186, 187, 196, 270, 272.
Mayrhofer, von, 38, 73.
Maywood 840.
Mazilier 209.
Mc'. = Mac.
Mechanisches Puddeln 590.
Meffert 798.
Mehrtens, J., 397, 753, 1028.
Meiderich 641.
Meier, A., 273; —, J., 1025; —, Max. 524, 822; —, Gebr. 1283.
Meilerverkohlung 35.
Meinecke, Chr., 359, 360, 363, 364.
Melaun 644, 647.
Melbourne 317.
Mendeljeff, D. J., 373.
Menden 868.
Mendheim 644.
Menelaus, Wilh., 793, 917.
Menessier (Puddelofen) 600, 1087.
Menne 825.
Meppen 69, 1265.
Merry & Cunningham 939.
Mersey-Stahlwerke 6, 153, 204.
Mertens, G., 414, 418, 1008.
Mesabidistrikt 1307, 1308, 1313.
Mesta 843.
Mesuré 369, 1092; — und Nouel 1092.
Metallographie 385.
Metallurgie 337.
Métal mixte 84, 176.
Meteorstahl 745.
Métis-Eisen 607.
Metz & Co. 477.
Mexiko 1346.
Meyer, Edouard, 524, 1019; —, Herm., 842; —, Joh., 219, 279, 1009; —, Viktor, 374.
Meyersche Expansion 212.
Michailof 280.
Micheville 1088, 1097.
Michigan Mining School 894.
Middelberg 401.
Middlesborough 32, 241, 472, 529, 594, 662, 664, 911.
Middleton 603.
Midvale 1296.
Miereswerke 1249, 1252.
Mikado 1356.
Mikrochemie 379.
Mikroskop 25.
Mikroskopische Untersuchungen 376.
Millbrook & Co. 844.
Miller, Dr., 190; —, J. W., 493; —, Marcel 555; —, Metcalf & Parkin 1287.
Milliardensegen 902.
Mill-Vale 594, 1281, 1284, 1287, 1306.
Milos 1274.
Milwaukee 293; — Welding Co. 884.
Minary 17, 67, 76; — und Sondry 75.
Minas-Geraes 1348.
Minette 207, 483.
Mingo-Junction 819, 1317.
Mischer 583—585, 680—683, 1009, 1298.
Mischgas 424, 462.
Mischprozefs 97.
Missouri 280, 1281.
Mitisgufs 530, 785, 786.
Mittagong 1370.
Mittelrufsland 1219—1229.
Moabit 119, 264.
Modellplatte 542, 583, 545.
Modena 284.
Möller, Dr. E., 472, 477; —, Gebr., 410.
Möllern 487.
Mohr, Friedr., 22; — & Federhaff 390.
Moissan, H., 337, 341—343, 349, 1095.
Mokta et Hamid, Moktaerze 34, 178, 700, 1084, 1284.
Moldauthalsperre 753.
Moll, Fr., 849.
Moller, K. & Th., 554.
Molles, J., 772.
Molybdänstahl 888.
Molybdatprobe 364.
Monceau sur Sambre 1119.
Monclava 1346.
Moncur, John, 441.
Mond 354.
Mongiana 285.
Monitor 200, 298.
Monkbridge, E. G., 110; -Eisenwerk 794.
Monkfors 122.
Monklandhütte 457, 906.
Montalbo 293.
Montataire 171, 211, 246, 263, 662.
Monte Argentario 1240.
Monterey Co. 1347.
Montigny 1121.
Montluçon 93, 205, 858.
Mont St. Martin 689.
Moore, M. R., 546, 1297.
Morawitza 1145, 1146.

Morel 295.
Morell, F. T., 357.
Morewood, C., 230; — Tin Plate Works 1304.
Morgan, James, 812, 814; —, C. H., 817, 867, 870, 871, 873, 1305; —, Chas. J., 819, 821; —, Jos., 358, 363, 686, 784; —, Pierpont, 1316, 1317; -Walzwerk 941.
Morgans, M., 54, 55, 118.
Morill-Bill 291.
Morin, General, 14; —, Tresca, 90.
Morris, Dr., 389.
Morrison, R., 196; —, Th., 816.
Moschitz 69, 270.
Moser, K., 31, 430.
Mosers Röstofen 486.
Moskau 281, 1207—1210, 1214, 1215.
Mofsberg-Granville 817.
Motala 612, 1188, 1189.
Motovilicha 1205.
Mougin 858; —, General, 658.
Moulan, Ph., 748.
Moyeuvre 248.
Mrázek, W., 70, 342, 487.
Mudd, Th. M., 713.
Mudela 1251.
Mühlbacher, J., 868.
Mühlhofener Hütte 990.
Mühlig, M., 168.
Mülheim a. Rhein 54, 985; — a. d. Ruhr 433, 461, 468, 469, 477, 482, 1004.
Müller, Alex., 113; —, Andrien, 99; —, Emil, 168; —, Dr. Friedr. C. G., 338, 339, 342, 348, 351, 353, 358, 366, 375, 381, 383, 627—629, 631, 632, 655, 735, 736, 762, 763, 798, 848, 870, 996; —, Gebr., 551; —, Oscar, 546; —, Otto H., 809; — (Paris) 638, 642; -Landtmann 1270.
Mulder, J., 22.
Mumford, E. H., 545.
Munhall 686.
Munkfors 278, 1188.
Munton, G., 810, 811.
Murcia 1251, 1252.
Mure, A., 783.
Murray & Fairweather 544.
Mushet, David, 184; —, Rob. 19, 75, 117, 122, 142, 144, 151, 182—184, 219, 295, 761, 927, 958.
Musil, Alfr., 626.
Musterofen 1088.
Mylius, Foerster u. Schöne 339.

N.

Nachblasen 650, 652, 653, 659, 689.
Nägelfabrikation 1313.
Nähnadelfabrikation 267.
Nagel & Kamp 693.
Nahmer, A. von der, 541.
Namias 366.
Nantiglo 666.
Naphtafeuerung, -rückstand 418, 419, 1218.
Napier, John, 202, 207; —, R. D., 790, 791; -Schieber 782.
Napoleon III. 1, 4, 200, 222, 225, 226, 245, 246.
Narjes, Th., 580.
Nås 1263.
Nashville 293.
Nasmyth, James, 115, 227, 476, 790; — & Co. 196.
Nafsreiniger 476.
Naturgas 418, 715, 1306.
Naylor, Ernst, 876; —, Vickers & Co. 220, 747.
Nebenerzeugnisse 1118.
Nebenprodukte 409, 518.
Nehse, C., 560.
Neilson & Wilson 911.
Neland 516.
Nelson 403.
Nessel, L., 484, 600.
Nettlefolds 938.
Neuberg 28, 38, 138, 145—147, 153, 165, 212, 270—272, 677, 699, 1152—1155; -Mariazeller Gesellschaft 271.
Neuerburg (System) 35, 36, 417.
Neumann, Dr., 1019; —, R., 366.
Neumark, Dr., 475.
Neunkirchen (Österreich) 90; — (Saargebiet) 662, 663, 689, 693.
Neurussische Gesellschaft 1213.
Neuschottland 1343.
Neufs 60, 461.
Neustadt-Eberswalde 197.
Neu-Süd-Wales 1370.
Neuville 67.
Newbury-Works 773; -Glasgow Co. 1343.
New-Jersey 288, 561; -Stahlwerk 296.
Newland 235.
Newport 450, 482, 596; -Eisenwerk 459; -Stahlwerke 178.
Newton 112, 196; —, A. V., 166; —, W. E., 181, 183, 193.
New York 288, 561, 572, 756, 894.
Nickel 349, 366, 401, 746; -blech 858; -flufseisen 859; -spiegeleisen 748; -stahl 349, 745—749, 942; -stahl-Panzerplatten 859, 860.
Nicklés, J., 75, 99.
Nicolaus, Karl, 86.
Niederbronn 986.
Niederlande 1265—1267.
Niederrhein. Stahlwerke 992.
Niederschlagsarbeit 565, 569.
Nieverner Hütte 89.
Niklasdorf 1144.
Nikolajewsk 1214.
Nilus 196.
Nimmo, G., 184.
Nischnij-Nowgorod 833, 1214, 1215; -Salda 458, 1207, 1208; -Sergin 280; -Tagilsk 51, 148, 280, 466, 486, 1207, 1210, 1211, 1215.
Nobel, L., 712, 766.
Norbotten 1184.
Nordamerika 664, 753.
Nordenfeldt, Thorston, 764, 1190.
Nordenskjöld 30.
Nordfrankreich 1105.
Nordrufsland 1221, 1223, 1225, 1229.
Normalbedingungs-Vorschriften 395, 397; -gebläse 434; -hochofen 59; -profile 890.
North-Chicago-Walzwerkgesellschaft 292.
North Eastern Steel Company 662.
Northfieldhütte 597.
Norton, E., 811, 844, 848.
Norway 800.
Norwegen 277, 1189, 1263, 1264.
Nouel 369.
Novara 1243.
Nova Scotia Steel Co. 1344.
Novelle-Pomard-Gigli 286.
Noyes, L. Verne W., 877.
Nučič 1157, 1158, 1164.
Nürnberger Maschinenbauanstalt 1028.
Nya Kopparberg 1188.
Nyhamma 569.
Nyköping 216.
Nyström 150.

O.

Oates, Samuel, 786.
Oberesee 291, 292, 622, 1277, 1280, 1291, 1307, 1312.

Digitized by Google

Oberflächenkondensation 1193.
Oberhausen 136, 623, 662, 663, 679, 680.
Oberösterreich 1151.
Oberschlesien 40, 67, 75, 159, 262, 263, 477, 990, 1004.
Oberwind 107.
Obuchoff-Stahlwerk 195, 737, 742, 1207, 1209, 1214.
Obuchow (Obuchoff) 738.
Odelstjerna, G. von, 706, 711, 715, 722, 744, 1187—1193, 1306.
Odling 27.
Oechelhäuser & Junker 520, 1019.
Östberg, J., 764.
Österreich 107—136, 153, 159, 163, 224, 233, 335, 569, 574, 600, 601, 615, 616, 622, 640, 697, 702, 722, 727, 753, 893, 1169—1174; -Ungarn 269—273, 305, 308, 310, 318, 662—672, 1141—1183, 1270.
Östlundscher Drehtopf 595, 596.
Ofen, elektrischer, 406.
Ofenmauerwerk 471; -verkohlung 406.
Ofoten 1263.
Ohio 287, 293, 581, 1281—1283; -Stahlgesellschaft 1316.
Olberg, G., 605.
Oldham 532.
Oliver, Brothers & Philipps 668, 1294.
Olofström-Werke 1194.
Olonezk 280.
Olsa 1144.
Ontario-Nickelgruben 748.
Operationskredit 1214.
Oppenheim, S., 544, 545, 1020.
Optik 25, 376.
Oravicza 1166.
Orawi 1206.
Orconera-Co.-Gruben 987, 1249—1252.
Oregon 293.
Ormesbyhütte 67, 905.
Orsat, Orsatapparat 366, 367.
Orth, K., 493.
Osaka 1359.
Osann, F., 628, 643, 700.
Osero 564, 565.
Osmond, F., 338—340, 371, 375, 377—383, 386—389, 744, 764, 1095.
Osnabrück 627, 629, 632.
Ostindien 136, 1364.
Otis-Eisenwerk 594, 710, 711, 1296.
Otto, Dr., 409, 411—413, 642, 1005, 1014; — & Co. 716, 997, 999, 1014; —, N. A., 520; —, Th., 865, 872; -Hoffmann-Ofen 412, 413, 1316.
Ougrée 602, 662, 675, 816, 1119, 1120, 1125.
Ouro Preto 1348.
Oury 815.
Oviedo 1250.

P.

Paduschka 107.
Palliser, Capt., 223, 227.
Palmer & Co. 116.
Pankakosky 564.
Panz, von, 111.
Panzerbatterie 200, 202.
Panzerplatten 2, 6, 199—204, 713, 748, 1193; -fabrikation 207; -walzwerk 202, 215, 856—864.
Panzerschiff 2, 3, 200—202, 754; -turm 200.
Panzerung 465.
Paris 92, 94, 111, 158, 205, 209, 215, 216, 317, 391, 893, 1087, 1092.
Pariser Ausstellung 229, 1121.
Park, James, 290, 296; —, Brothers & Co. 297, 568.
Parker 397.
Parkes, A., 169.
Parkhead 116; -Forge 598.
Parma 285.
Parry 18, 151, 152, 161, 188, 350, 351, 366; —, George, 116, 142, 143; —, John, 48, 363.
Parryscher Trichter 33, 65, 67, 71, 79, 237, 473—475, 1125.
Parson, W., 111.
Pasteur (Pastor), Gust., 641, 997.
Pastuchow 1207, 1211.
Patent 12, 174, 334, 335, 341, 840—842; -beschreibung 334; -gesetz 334, 335, 1215.
Patrick, J., 540.
Patricroft 196.
Pattinson 360, 361, 472.
Pauckmann 606.
Paulis System 216.
Pauwells — Pawells 410.
Pearce 356.
Pearse, B., 166, 410.
Pearson 784.
Peine 652, 663, 675, 689, 846; -Ilsede 257.
Peiner Walzwerk 1007.
Peletan, L., 911.
Pelzer, Fr., 693.
Pencoyd-Ironworks 731, 1317.
Pendred, V., 215.
Pengg 872.
Pennsylvanien 288, 293, 715, 1280—1283, 1293, 1307; —, Stahlwerke 295, 296, 1317.
Pensnett 582.
Pérard & Berchmann 188.
Percy, John, 8, 9, 16, 17, 19, 101, 104, 141, 182, 183, 234, 312, 337, 635, 771, 832, 944, 956, 958; -Wedding 80.
Perlit 383—385, 388.
Perm 280, 533, 781, 1205, 1207, 1214, 1215.
Pernolet-Koksofen 37.
Pernot, A., 598, 1086, 1088, 1119; -Drehofen 1094; -Ofen 599, 600, 705, 710, 994, 1148, 1236.
Perseverance-Hütte 597.
Perseveranza 286.
Peters, Ch., 99; —, R., 19.
Petersburg = St. Petersburg 881, 893, 1206, 1208, 1210, 1215.
Petersson 1195.
Petin, Gaudet & Co. 159, 202, 205, 212, 220, 247, 248, 250, 598, 847, 1085, 1086.
Peto, Sir Morton, 287.
Petroleum 418, 419, 572; -lötrohr 495; -schmelzofen 765, 766, 1203.
Petrowskihütte 1214, 1216.
Petzold & Co. 544.
Pfordten, von der, 366.
Philadelphia 197, 288, 312, 316, 1285, 1287; —, Ausstellung, 742.
Philippart, A., 1119, 1216.
Philipps 363, 866.
Phipson 17.
Phönix (Ruhrort) 498, 524, 623, 662, 663, 678, 708, 714, 1008; -Iron Company (Phönixwerke) 570, 812.
Phosphor 18, 74, 75, 104, 147, 344, 363, 486, 487, 529, 530, 577, 657, 711; -säure 657, 691, 692; -stahl 750, 1088.
Photographie 25.
Photometer 369.
Physik 25—30, 323, 368—406.
Piat, Alb., 532, 544; -schmelzofen 734, 735, 1088.
Pickles 597.
Pickney 783.
Piedbeuf 602, 846.

Digitized by Google

Pielsticker, C. M., 798, 870.
Piemont 285, 1234, 1235, 1243.
Pieper 693.
Pierron 465.
Pietzka, G., 606, 776, 777, 1155, 1165; -ofen 1006, 1148.
Pilgerwalzwerk 807, 814.
Pilot-Knob 1280.
Pink 624, 641, 644, 645, 769, 996—998.
Pintsch, Jul., 884.
Piombino 286, 1236, 1240.
Pion 67.
Pionchon 340, 372.
Pioneerofen 293.
Piräus 1274.
Pirelli & Co. 1238.
Pisa 286, 1239.
Pisani 366.
Pisati, G., 397.
Pisek 1153.
Pistolenapparat, -röhren, 41—43, 291, 1086.
Pittsburg 98, 290, 297, 474, 512—514, 568, 571, 573, 668, 704, 717, 793, 816, 1280—1282, 1286—1294, 1298, 1300, 1313, 1317, 1341.
Planet-furnace 293.
Plant, Reuben, 115.
Platt & Goldthorpe 817.
Plattenwalzwerk 199.
Platz 363, 488.
Player, John, 291, 783, 844.
Plotzko 563, 1144.
Pneumatic Steel Association 295.
Pneumatischer Gichtaufzug 478, 479; — Prozefs 309.
Poch, H. D., 643.
Poetter 551.
Pohlig 493, 865, 872, 1014, 1252.
Poldihütte 1157.
Polen 1210, 1217—1219, 1221—1229.
Pollitzer 825.
Poloozeff 1215.
Polte 873.
Pomeray 183.
Ponsard, A., 113, 117, 285, 286, 601, 612, 775, 1085, 1088, 1089; — & Boyneval 97.
Pont-à-Mousson 87, 1085, 1086, 1097.
Ponte 1236.
Ponte Kifrudi 1236.
Pont St. Vincent 608.
Pontypool 910.
Poolamputty 1364.
Popp, V., 402, 1091.
Porsakoski 564.
Porter-Allen-Steuerung 812.
Porto Novo (Beypoor) 132, 136, 1364.
Post, G., 825.
Potter, John A., 815, 819; —, E. C., 511, 1295, 1359; —, O. W., 848.
Potthoft, Ludwig, 849.
Pottstown 676, 1296, 1302.
Pourcel, A., 348, 351, 374, 472, 485, 643, 655, 656, 700, 701, 738, 761, 762, 768, 772, 774, 824, 927, 1085—1091, 1209.
Pouzin 579.
Powell & Williams 842.
Praderia, Ferreria de la, 1348.
Präcipitationsprozefs 565, 915.
Prävali 137, 145, 272, 566, 603, 669, 1144—1148, 1152—1154, 1157.
Prag 596.
Prager Eisenindustrie-Gesellschaft 662, 1158.
Preise 298, 953, 1164, 1165, 1340, 1341.
Preisenhammer 184.
Presse, hydraulische, 156, 758.
Prefshammer 784—789; -luft 544.
Preufsen 159, 233, 258—269, 515, 890, 1066—1079.
Přibram 893.
Price, George, 82, 201, 603, 605, 919; —, Thomas, J., 814; —, Retortenofen 926; — & Nicholson 103.
Prieger, Oskar E., 145.
Probe 698; -nehmen 653; -schiefsen 227, 228.
Prochaska, J., 1148.
Produktion 257, 258, 259 = Erzeugung.
Produktionslinie 305; -steigerung 78, 244.
Profile 49.
Prony-Bremse 910.
Prosper 197.
Prott & Seelhof 786, 1012.
Providence 1124, 1216.
Prüfungsanstalten 390, 391, 890, 988, 1028, 1278; -maschine 390; -verfahren 1011.
Pszczolka, Leop., 685, 686, 716, 729, 731, 858.
Puddelapparat 113; -betrieb 1117, 1118, 1146; -eisen 965, 966; -krücke 113.
Puddeln 235; mechanisches 590.
Puddelofen 114, 241, 245, 937, 965, 1088, 1186, 1198, 1199; -prozefs 101—112, 311, 588—614, 917, 993, 994, 1163; -schlacken 75, 251; -stahl 258; -werk 918, 1021.
Puddler, mechanischer, 113, 114, 597.
Puddlingsroheisen 74.
Pütsch, A., 122, 612, 775, 865.
Purdy, M. H., 582.
Purple ore 483, 904.
Putilow 1206, 1207, 1210.
Putten 1144.
Putzmaschine 842.
Puy, Du, 1251 (s. Du Puy).
Pyrometer 25, 369—371, 449, 1092, 1096.
Pyroskop 369.

Q.

Quaglio, J., 414, 418, 423, 424.
Qualitätsprobe 394; -ziffer 845, 846.
Quebeck 403, 1343.
Querfurt, K. von, 560.
Querschwellen 209, 825.
Quetschwalzen 841.
Quincke 354.
Quiros-Gesellschaft 1250.

R.

Radbandage (= Tyres) 210.
Radcliffe 707, 942.
Radnor Forge 1343.
Räderformmaschine 88.
Raggio, Tassare & Co. 1239.
Rakonitzer Thon 472.
Ramdohr, Gebr., 642, 644.
Rammelsberg 14, 15.
Ramsay, Erskine 492, 548.
Ramsbottom, J., 143, 149, 168, 179, 196, 197, 208, 213, 215, 790, 928.
Ramsden, J. R., 867.
Ranigautsch 1364.
Rankin 1316.
Raoult 367.
Rapid-Kupolofen 538; -stahl 740.
Raschette, Wladimir von, 1205, 1208, 1209; -ofen 51, 53, 54, 280.
Raschtreiben 511.
Raseneisenerz 1265.
Rasmussen & Daelen 994.
Rasselstein 668, 672, 837, 839, 1008.
Rast 59; -kühlung 56, 57 -winkel 59.
Rateau, A., 424.
Rauscher 137.

Digitized by Google

Raymond 625.
Read, A. A., 338.
Readinghütte 1287.
Reaumur 538.
Recuperator 722; -feuerung 612; -ofen 606; -schweifsofen 775.
Redcar 481.
Redenhütte 263, 477.
Reduktionsmetall 677, 1190.
Reese, A., 816; —, Jac., 570, 638, 666, 676, 677, 1290, 1292.
Regeneration, Regenerator 43, 44, 426, 676, 677, 704, 775.
Regenerativfeuerung, -ofen 1, 90, 93—96, 100, 109, 111, 173, 914, 920; -koksofen 411; -wärmofen 853; -winderhitzer 905.
Regent-Eisenwerk 597.
Registrierapparat 479.
Regnault 355.
Reichenbach, von, 155.
Reid & Co. 815.
Reinecker 784.
Reinhardt 357.
Reinigung der Gichtgase 476—478.
Reinigungsverfahren 577.
Reis, von, 357, 366, 367.
Remscheid 806, 893.
Remy 668.
Renneisen 290.
Renner, W., 46.
Rennfeuer 285, 563, 1234, 1235; -werk 293.
Rensselaer-Polytechnikum 894.
Rentzsch, Dr., 302, 1023, 1024.
Résal 17.
Reschitza 28, 153, 270, 271, 713, 723, 1145, 1146, 1148, 1153, 1154, 1165—1167.
Restaing et Bourdouin 219.
Retorten-Röstöfen 34.
Rettig, C. A., 182, 278, 704.
Reuleaux, Prof., 293, 778, 806, 984, 1011.
Reusch, H., 543.
Reufs, H., 768.
Reversiermaschine 213, 813; -walzwerk 214, 790.
Revollier, J. T., 172, 197.
Revollier, Bietrix & Co. 217, 758.
Revolverkanone 888.
Rexroth, Rexrothöfen 36, 417.
Reynold-Thomas 603.
Rheinische Stahlwerke 641, 662, 663, 701, 997, 998.
Rheinland 67, 514.
Rhodes, Cecil 1368.
Rhonitz 78, 270, 1146, 1161.
Rhymney Works 57, 215, 597.
Ria-Hochofen 471.
Richards, Windsor, 637, 655, 796, 924, 926, 931, 939, 946, 947, 1251.
Richards u. Hunt 727.
Richardson 113, 115, 116, 598.
Richter, Rob., 17, 19, 23, 99, 117.
Ricketts, Palmer, 560.
Riet, von, 551.
Rider, C. N., 710.
Ridsdale 358.
Riedler 655; -Ventil 435.
Rieppel 1028.
Ries u. Henderson 882.
Rigby 783.
Riley 19, 338, 349, 397, 401, 631, 644, 686, 702, 704, 710, 746, 757, 798, 811, 885, 927, 931, 941—943, 946, 958; — u. Dick 709; — u. Henley 600.
Rillenschienenwalzwerk 816.
Rima-Murány-Salgó-Tarjan-Gesellschaft 1162, 1165, 1166.
Ringels Koksofen 409.
Ringkanone 225; -ventil 435.
Rinman, L., 16, 22, 70, 275, 278, 338, 402, 498, 501, 1187.
Rio de Janeiro 1349.
Ritchie 859.
Rittinger 38, 417.
Rive de Gier 172, 207, 220.
Riverside-Eisenwerk 479.
Roane-Eisenwerk 594.
Robert, A., 815; —, H. L., 550, 670, 672; -Konverter 1297, 1301.
Roberts, H., 868, 872, 1298, 1301.
Roberts-Austen, W. Ch., 342, 370, 377, 387, 388.
Robertson 610, 756, 848; —, James 106.
Robinson 190; — & Pickney 783.
Rochussen 188, 210.
Rockfeller 1313, 1314.
Rockycan 1146, 1158.
Rocour, Georg, 692.
Rodmansche Giefsmethode 84.
Roechling, Gebr., 409; —, H., 554.
Röhren, -fabrikation 215, 216; -formmaschine 87, 512; -giefserei 554.
Röhrig, Fehland & Co. 257.
Röfsler, Dr. H., 369.
Röstofen 30—34, 429, 484.
Röstung, magnetische, 431.
Rogers, C. D., 868; —, Isaak, 90, 91; — & Burchfield 419; — & Player 844.
Roheisen 313, 315, 1059—1062, 1080, 1083, 1202, 1338; -analyse 336; -ausfuhr 973—975, 1144, 1145, 1259, 1336; -einfuhr 291, 975, 1051, 1114, 1115, 1335; -erzeugung 231, 238, 239, 244—246, 254, 255, 259, 260, 276, 288, 290, 302, 303, 305, 896—899, 903, 945, 959, 961—964, 973, 974, 979, 980, 1037—1040, 1041—1044, 1064, 1074, 1081—1084, 1102, 1103, 1116, 1117, 1128—1130, 1143, 1156, 1169—1172, 1176—1179, 1185, 1196—1198, 1206, 1215, 1221, 1233, 1242, 1243, 1259, 1261, 1264—1267, 1276, 1279, 1322—1326, 1344, 1365, 1373—1376; -preise 244; -produktion = -erzeugung; -verbrauch 256, 1064, 1071, 1072, 1136, 1336; -zusammensetzung 910.
Rokitzan 272, 484 (siehe Rockitzan).
Rolandshütte 32.
Roll, L. von, 1268.
Rollbahn 814, 816, 818, 862.
Rollet, Antoine, 583, 719, 745.
Rollofen 777.
Rongier, H., 815.
Root, F. M. und P. H., 88, 297.
Rootsgebläse 540, 992.
Roozeboom 340.
Roscoe, Sir H., 164, 921, 958.
Rose, H., 359.
Rofs 119; —, Mc Evan 554.
Rossigneux 415.
Rossius, de, Pastor & Co. 1120.
Rossival, J., 99, 114.
Rofslau 693.
Rostfeuerung 106; -schlagen 71.
Rotator 565—568, 1147.
Rotglut 399.
Rothe, J., 361.
Rothe Erde 205, 662, 663, 689, 1007.
Rothehütte 204, 257, 268, 460, 989.
Rothenthurm 1153.
Rothschild 270.
Rothwell, R. P., 1293.
Rotierende Öfen 1119 (siehe Rotator); — Puddelöfen 590.

Digitized by Google

Rotson 783.
Rott, Carl 560.
Rotterdam 1266.
Round-Oak-Eisenwerk 597.
Rousselot, L. Th., 184.
Rowan, J. M., 143; —, Th., 169; — & Co. 179.
Roy 867.
Roys Universalwalzapparat 868, 1000.
Royston 341, 376.
Rubio 1255.
Rudóbánja 1161.
Rudolfshütte 1157, 1162, 1165.
Rückkohlung 689, 714, 827, 940, 1008.
Rühle von Lilienstern, A., 619.
Rührapparat 598.
Rührer (für Puddelöfen) 112.
Rührkrücke 597.
Rührvorrichtung 757.
Rümpler 642.
Rüpell 823.
Ruhrort 514, 641, 662, 678, 701, 714.
Rumänien 1272.
Rumkorff 26.
Ruolz, de, 181.
Russel, A. J., 603.
Russisches Blech 832.
Rufsland 54, 138, 233, 278—284, 305, 308, 485, 586, 623, 663, 702, 823, 833, 893, 1125, 1205—1232.
Rust, E. G., 481, 879.
Ryder, Charles 402.

S.

Saarkanal 245, 267; -hütten 267.
Sabbiathal 1236.
Sable Works 1292.
Sachs, C., 798.
Sachse, C., 413.
Sachsen 256, 1080.
Sachsenberg, Gebr., 693.
Sack, Hugo, 555, 801, 809, 1011.
Sägefabrik 297; -mehl 277.
Särnström, C. G., 356, 428.
Sailler, W., 421, 1154, 1165.
Sakei 1369.
Salem 1364.
Salgó-Tarjan 602, 1154, 1155, 1162, 1165.
Salisbury-Eisen 290, 291.
Salpeterprozefs 163, 164.
Samakow 1271.
Sammelofen 1124.
Sampierdarena 1239.
Sample-Steelworks 178, 566.
Samuelson, Sir B., 47, 482, 958.
Sandberg, C. B., 368, 771, 826, 943, 1187.
Sandstrahlgebläse 552, 553, 1288.
Sandviken 275, 278, 629, 809, 1189.
San-Franzisko 293.
San Joân de Ipanema 1348.
Saniter 337, 948.
San Nicolas 1251.
San Paolo 1348.
Santa Ana de Bolueta 92.
Santander 1249.
Saranac 561.
Sardinien 285.
Sarnström 569, 1187, 1190.
Sattler 480.
Sattmann, A., 400, 603, 729.
Sauerstoff 350.
Sauveur 340.
Sava 111, 623, 1148.
Savona 1239.
Savoyen 285.
Saxby 26.
Sayer, Rob., 801, 1296.
Saynerhütte 46, 268.
Schacht (eiserner) 462; -ofen 188, 374.
Schäffer, R., 693; — & Budenberg 46, 449.
Schäumapparat 531.
Schaffhausen 1268.
Schafhäutl 16, 112, 597.
Schalke 492, 495.
Schamotteziegel (s. Chamotte) 471, 472.
Schanghai 1354.
Scharowsky, C., 1011.
Schaukelofen 600.
Schaumburger Ofen 35.
Scheerer, Theod., 607, 991, 994.
Scheffler 209.
Scheibenkompensation 68.
Scheibler, C., 642, 692, 1008.
Scheiblers Verfahren 690, 692.
Schemnitz 893.
Schenk, Mohr & Elsässer 292.
Schere, hydraul., 198, 199, 874.
Scherenberg, E., 989.
Schichau 1029.
Schieber 449.
Schiele 88.
Schienenfabrikation 208, 292, 823; -verbrauch 1114.
Schiffsbau 753, 754; -blech 847.
Schiller, Adolf, 849.
Schilling 103, 486.
Schinz, C., 51, 70, 77, 498, 499.
Schifshyttan 1209.
Schlacke 157, 158, 629, 690, 935.
Schlackenbildung 657; -cement 517, 518; -düngung 79; -eisen 935; -form 61—65, 457, 459, 470; -sand 79, 517; -steine 517; -wolle 79, 991.
Schlagprobe 396.
Schlesien 705, 789, 1002.
Schleudermühle 35, 417.
Schlickeysen 69.
Schlink, J., 461, 469, 655, 1015.
Schmachtenberg 647.
Schmahel 533.
Schmelztemperatur 370; -tiegel 187.
Schmelzung, elektr., 403.
Schmidhammer, W., 38, 147, 166, 426, 713, 722, 723, 727, 809, 1164, 1185.
Schmidt (Hagen) 810; —, Dr. A., 625; —, Gust. 38, 40; —, W., & Co. 448, 780.
Schmidtsche Brille 448.
Schmiedbarer Gufs 89, 90, 326, 558.
Schmiedeeisen 306, 1202 (s. Schweifseisen); -eisenerzeugung 249, 289; -presse 197, 1012 (s. Prefshammer).
Schmirgelscheibe 834.
Schmitt, Dr. E., 360, 1010; -Manderbach 417, 541.
Schneider, Eugen, 247; —, Henri, 746, 858, 860, 885, 888, 1088, 1240; —, Leopold 344, 362, 363; —, Rob., 544, 551; — & Co. 118, 158, 236, 237, 250, 405, 430, 662, 751, 761, 781, 859; —, Hanay & Co. 152, 904.
Schneiders Puddelofen 1088.
Schnellbetrieb 673, 683, 695; -feuergeschütz 886, 888; -läufer 434, 1285; -ofen 495; -probe 359, 366, 890; -schmelzofen 709; -walzensystem 869.
Schöffel, R., 359, 497, 500, 502, 1147.
Schönberger & Co. 98, 1208.
Schöndorf 1152.
Schönwalder, H., 717, 719, 724, 727, 1025; -ofen 719.
School of Mines, Royal, 893, 956.
Schott, Ed., 27, 86, 377, 1020.
Schottland 49, 69, 241, 243, 244, 903, 906, 911, 926, 954, 974.

Digitized by Google

Schrader, O., 105, 477; —, Paul, 873, 1005.
Schrägwalzverfahren 755, 801, 803, 808.
Schrapnell 886.
Schrödter, E., 989, 1015, 1016, 1024, 1029.
Schrottverfahren 706, 707.
Schüchtermann 693; — & Kremer 845.
Schütze, E., 541.
Schulte, W., 363.
Schulten, Fr., 46.
Schultz-Knaudt & Co. 425, 850, 875.
Schultze-Velinghausen, W., 866.
Schulze-Berge, H., 578.
Schumann, Major, 557, 864; -Panzerturm 1006.
Schutzzoll 983, 1085, 1209, 1278.
Schwab, Charles M., 1316.
Schwachhöfer 367.
Schwarz, Carl, 429.
Schwarze, Paul von, 1005, 1190.
Schwarzeisen 343.
Schwarzenberg, Fürst, 135.
Schwarzkopf 34, 197, 405, 993.
Schwechat 271, 1144, 1145, 1152, 1158, 1161.
Schweden 73, 100, 107, 130, 136, 146, 159, 182, 273—278, 305, 308, 403, 406, 430, 485, 569, 586, 615, 622, 623, 625, 665, 666—670, 675, 685, 700, 702, 704, 706, 715, 722, 733, 764, 893, 1183—1204, 1265.
Schwedische Erze 1218.
Schwefel 18, 74, 237, 342, 345, 362, 577; -gehalt 237.
Schweinfurt 745.
Schweifsapparat 880; -eisen 306, 307, 313, 314, 327, 589, 753, 913, 914, 936, 937, 965, 966, 1006, 1045—1048, 1053, 1054, 1075, 1076, 1083, 1133, 1242, 1328, 1331.
Schweifseisenbereitung 100—122; -erzeugung 245, 308, 947, 1021, 1106, 1108, 1131—1134, 1143, 1174, 1179, 1185, 1187, 1198, 1206, 1225, 1260, 1264; -fabrikate 1054, 1055, 1107—1109, 1132; -produktion 1074, 1376.
Schweifsen 83.
Schweifsmaschine 881; -ofen 106, 122, 611, 612, 774, 775; -stahl 1053, 1054.
Schweifsung, elektr., 403, 404, 878—885.
Schweiz 69, 1267, 1270.
Sclessin 209, 210, 792, 1123.
Scott, G. L., 87, 88; —, James, 1308; —, Mich., 622; Thomas 1314.
Scranton-Eisenwerk 676, 776, 825.
Sculier 842.
Seaman, J. S., 801.
Sebenius, L., 551, 760, 770, 1187, 1191.
Seebold & Neff 541, 542, 544, 992, 1020.
Seebohm, H., 736; — & Dickstahl 742, 927.
Seeerz 1218.
Seehandel 1266.
Seeman 1294.
Seger, H., 369.
Seibel 414, 418.
Seilbahn 1250, 1252.
Selbstkosten 965, 1331; -regenerierung 459.
Seller, William, 556, 595, 782, 1147, 1283.
Semet, L., 409; -Solvay 1118; -Solvay-Ofen 411, 415, 416, 946, 1124.
Sensenwerke 1152.
Separatorofen 59.
Sepulchre 79.
Seraing 40, 137, 220, 251, 252, 520, 521, 524, 572, 616, 626, 629, 633, 680, 714, 826, 1118, 1123, 1125; -gebläse 432; -maschine 433.
Serajevo 287.
Serbien 286, 287, 1270.
Seriphos 1273.
Serres-Battig, de, 825.
Servais, E., 111, 551, 579.
Servola 1159, 1160.
Sestri 1239.
Sharon 98, 1312.
Shaw & Justice 197.
Sheffield 124, 130, 131, 148, 185, 203, 204, 209, 210, 215, 216, 219, 220, 242, 621, 662, 676, 703, 733, 736, 747, 857, 949.
Shelby-Ofen 293.
Shenango Valley Steel Works 1303.
Shen-Hüen 1354.
Shepperd & Leigh 555.
Sheriff 87.
Sherk-Rutter 671, 672.
Sherman, J. E., 169, 577; -prozefs 607.
Shifnal 662.
Shoeburynefs 227.
Shortridge, Howell & Co. 182.
Shuylkill 1280.
Sibirien 1221—1229.
Sibirische Bahn 1214, 1217.
Sibut aine 858.
Siebboden 619.
Siebenbürgen 563, 1144, 1145.
Siebener, falscher, 163.
Siegen 32.
Siegerland 264, 265, 485, 623.
Siemens, Friedr., 93, 173, 185, 522, 569, 712, 816, 865, 1009, 1010, 1156; —, Dr. Otto, 173; —, Werner von, 428; —, Sir C. William, 25, 34, 90, 93—96, 105, 108—111, 122, 149, 172, 173, 176—179, 185, 312, 368, 370, 403, 430, 449, 459, 485, 540, 560, 565, 566, 568—570, 574, 580, 610, 638, 695, 700, 703, 714, 775, 907—909, 912, 914, 915, 919, 920, 926, 928, 939, 955, 958, 999, 1147, 1289; -Feuerung 1; -Flammofen 175; -Gasofen 270, 607; -Generator 420; -Martin-Ofen 589, 722, 729, 941, 948, 1008, 1191, 1236; -Ofen (neuer) 612, 775, 801; -Martinprozefs 179, 272, 296, 310, 588, 589, 694, 897, 913, 920; -Martinstahl 1122 (= Herdstahl); -Martinverfahren = Martinprozefs; -Regenerativfeuerung 41, 42, 263, 600, 1146, 1148; -Regenerativofen 296, 839; -Regenerator 215, 412, 420, 627, 839; -Stahlschmelzofen 734; -Verfahren 942.
Siemens-Anderson 1289; —, Anderson & Co. 568; — & Halske 783.
Sievers & Co. 35, 417.
Sigl 212.
Siljanforseisenwerk 123, 136, 275, 278.
Silicid 736.
Silicium 17, 25, 342—344, 401, 527, 528, 657, 736, 761, 763; -carbid 762; -stahl 750.
Silicospiegel 771, 1085.
Silliman 1281.
Simmersbach, Oscar, 1216.
Simon, E. de, 546; —, H., 410; -Carvés-Ofen 411; — & Semet 1085.

Digitized by Google

Simony, R., 849.
Sireuil 172, 174, 180, 278, 699.
Sirhowy 675.
Skandinavien 273—278.
Skoda, E. von, 1155.
Slade, J. Fred., 296, 750.
Slate, A., 40, 59.
Slatust 1211, 1214.
Slawianoff, N., 550.
Smet-Koksofen, 36, 1088.
Smith, J. F., 67; -Lenock 618, 620; — & Roberts 34.
Smyrna 705.
Snelus, G. J., 344, 368, 591, 593, 626, 628, 630, 638, 639, 674, 767, 768, 776, 793, 824, 914, 921, 922, 925, 931, 939, 943.
Sobrero 19.
Société Franco-Belge 1121.
Soc. mét. Dniéprovienne 1211.
Söderfors 278, 569, 722.
Sólcz (Soltz) 424.
Sollinger Hütte 257, 268.
Solly, Neal, 46.
Solothurn 1268.
Solvay 2, 409.
Somacov 287.
Sommorostro 622, 1121, 1249.
Sonnenschein 364.
Sophienhütte 985.
Sorbit 283.
Sorby 25, 338, 376, 377, 380, 381, 383.
Sourdeval 184.
South Bethlehem = Bethlehem.
South Chicago-Werke 511, 676 = Süd-Chicago-Werke.
Souza Mursa 1348.
Spamer, Herm., 658, 986.
Spandau 224.
Spangenberg, Professor, 891.
Spanien 233, 288, 1248, 1262.
Spanische Erze 908.
Spannagel 869, 1010.
Sparrows Point 822, 1311, 1317.
Speer, J. P., 98.
Speisetisch 213.
Spektralanalyse 25, 140; -beobachtung 921.
Spektroskop 141, 164.
Spektrum 165, 169, 651, 652.
Spencer, Ad., 595, 778, 915; — & Corkindale 218.
Spezia 1238, 1289.
Spiegeleisen 74, 144, 147, 151, 177, 264, 287, 485, 623, 625, 908, 909, 935, 1293.
Spiefsprobe 140.
Spiralsieb 417.
Sporn 200.
Springer, Otto, 603, 605, 1154.
Springfield 581, 1296.
Staatswerke 1235.
Stabeisen 1196, 1198; -erzeugung 255; -marken 733.
Stacheldraht 69, 70, 243, 594, 935, 1294.
Staffordshire 69, 70, 243, 594, 935; — Steel Works 664.
Stahl 1, 313, 315, 328; — und Eisen (Zeitschrift) 989; -bereitung 122; -draht 866; -erzeugung 193, 249, 250, 255, 259, 261, 286, 1110, 1123, 1200, 1229, 1230, 1242, 1264, 1331, 1332; -fabrikate 1078; -formgufs 219, 771—774, 1020, 1032, 1033; -giefserei 1001; gufs 311, 558, 703, 757, 761—774, 1119, 1189; -härtung 375; -kanone 225, 227; -lauf 221; -ringklappe 434; -schienen 1077, 1339; -schiff 216; -schmidt 59, 76; -trust 1316; -verbrauch 1332; -verwendung 218—224; -waren 1181; -warenerzeugung 1111, 1112; -werke 1123.
Stammer 354.
Stampfmaschine 546, 547, 554.
Stassano 406, 575, 576.
Statistik 193, 194, 231—244, 246—249, 251, 257, 259, 272—276, 279, 281, 289, 292, 302—304, 308—311, 525, 589, 615, 633, 702, 896—899, 901—903, 919, 921, 929, 930, 932, 933, 937, 941, 945, 947—952, 959—980, 1034—1083, 1099—1116, 1126—1136, 1169—1183, 1196; Zahlengeschichte 1293, 1306, 1371—1388.
Staubreiniger, -sammler 476, 477.
St. Chamond 598, 599, 662, 697, 699.
Stead, J. E., 351, 357, 656, 675, 751, 762, 931, 939.
Steelton Works 715, 724, 729, 1307.
Steevens, F. B., 391.
Stefanau 1146, 1159.
Steffen, Const., 445, 466, 472, 702—704, 1003, 1004.
Steffensche Brille 1004.
Steffens 287.
Stegmann, E., 811.
Steiermark 600, 705, 1150, 1152, 1163.
Stein 578; -bart 449; -brecher 34, 417.
Steiner 399.
Steinkohlen 292, 1127, 1241, 1243, 1265, 1279; -ausfuhr 959; -einfuhr 1192, 1195; -erzeugung 1126; -förderung 900, 901, 959, 1034, 1220, 1253, 1254, 1365, 1371, 1373; -gewinnung 950, 951; -wäsche 35.
Steinle 369.
Stellarton 1343.
Steller, F., 783.
Stenay 668—670.
Stenz 86.
Stephensons Coulisse 212.
Sterkmann 216.
St. Etienne 197, 217, 893, 1095.
Stettin 1019.
Steuertisch 626.
Stevens, Ed. A., 894.
Stevenson, J. L., 481; —, Graham, 791, 851, 908, 928.
Stewart 87, 540.
Steyr 1151, 1152.
Stichloch 488; -stopfmaschine 488.
St. Jago de Cuba 1347.
St. Jaques (Montluçon) 780.
Stickstoff 13, 352, 353.
Stier 413.
Stiering 111, 986.
Stirling 84, 287.
St. Leurin sur l'Isle 124, 127, 129, 132.
St. Louis 293, 603, 1281—1283, 1289; -Hütte 1085.
Stockher 163.
Stockholm 1194.
Stockmann 498.
Stockton 676.
Stodart, J. C., 942.
Stöchiometrie 73.
Stöckmann, C., 643, 678.
Stoker 597.
Stolberg, Graf, 89, 692.
Stora - Kopparbergs - Gesellschaft 1192.
Storé 75.
Stosch, von, 857.
Stotz 85.
Stoudly-Drummond 550.
Streckblech 845.
Strehlitz, Graf, 606.
Streik 243, 945.
Stridberg 743.
Strike = Streik, Ausstand.
Strippelmann, Leo, 1207.
Stripper 1317.
Strobel, V., 443.

Stroganoff 1212.
Strohmeyer 35, 74, 991.
Strong 422, 423, 1285.
Strousberg 596, 991, 1147.
Struthers Ofen 510.
Struve, von, 1207.
St. Stephan 741.
Stubblebine 612, 775.
Stubbs 767.
Stückofen 287, 563, 1144, 1159, 1160, 1209, 1218, 1348, 1356.
Stumm, von, 397, 999, 1027; —, Gebr., 662, 693, 1302.
Stumpf, Paul, 989.
Sturtevant-Ventilator 1284.
Sturz 833.
Styffe, Knut, 29, 160, 278, 390, 711, 1187, 1190, 1191.
Styring 248.
Suchogarski 1208.
Sudré 171, 246.
Süd-Chicago-Werke 1282, 1289, 1295, 1300, 1309, 1316, 1317.
Südfrankreich 1105.
Südrufsland 497, 1205, 1207—1213, 1216—1229.
Süd-Staffordshire 910.
Süd-Wales 65, 69, 75, 900, 903, 906, 909, 938.
Sulin 1211.
Sulinowskiwerke 1213.
Sundainseln 1366.
Suppes, Max. M., 475, 480, 1297.
Sutherland, C. W., 424.
Svanberg 92.
Svennonius 1195.
Svoboda, Franz, 727.
Swain 532.
Swank, James. M., 302, 1293, 1306, 1311, 1332.
Swansea 230, 565, 625, 770.
Sweeney 605, 1298.
Sweet 612, 774.
Swinbank, W., 1301.
Swindell 420, 1287; -ofen 734.
Syndikat 1313.

T.

Taco 1249.
Taganrog 1216.
Tahon, Victor, 593, 1119.
Tajagraben 1153.
Talabot-Koksofen 36.
Talbot, P. B., 531, 731.
Tamaris 701.
Tamm, Ad., 355, 364, 630, 1187, 1189.
Tandemmaschine 779, 780; -walzenzugmaschine 779.
Tangye, James, 88, 198.
Tannet & Walker 785, 788, 791, 798, 861, 875, 943, 949, 1012, 1358.
Tardi & Benoch 1138.
Tardieu, Alfr., 166.
Tarr, J. Bl., 196.
Taskin, Leopold, 593, 1119.
Tavernole 1237.
Taylor, J. W., 207, 425, 457, 727, 840, 943, 948; — & Co. 843; — & Struve 843, 844; — -Leyshons 843.
Teer 644, 702.
Tellerofen 114, 598, 600, 1088.
Temperatur 397.
Tempergufs 559, 1002; -kohle 341; -stahl 766, 774, 1120.
Tennessee 292, 293.
Tenwick, Joh., 90.
Teplitz 1146, 1149, 1150, 1154, 1158, 1162.
Teplitzer Walzwerk 662, 664.
Terhaerst 416.
Terni 782, 1121, 1236, 1238, 1240.
Ternitz 1146.
Terre-noire 159, 160, 400, 485, 625, 631, 643, 697, 700, 702, 704, 738, 742, 750, 753, 758, 761, 762, 771, 1085, 1087—1089, 1209.
Tessié du Motay 99, 421, 423, 578, 631, 638, 642, 750, 1088.
Tetmayer, L., 391, 393, 395, 400, 402, 768, 827, 892, 1013, 1028.
Texas 293, 1346.
Thal, Christ. P., 150, 198.
Thames Iron Works 203.
Theisen, Eduard, 478, 518.
Theisholz 1154.
Theorie 628.
Thermochemie 339, 368, 385; -kurve 387; -physik 658.
Thieblemont, O., 572.
Thiel, O., 727—729.
Thiele-Winkler 262.
Thielen, A., 678, 714, 1008, 1025.
Thörner 357, 367.
Tholander, D. H., 353, 427, 480, 685, 760, 1187, 1190.
Thomas, Sam., 291, 480; —, Sidney Gilchrist, 34, 304, 334—339, 641—645, 648—654, 658, 676, 794, 845, 897, 898, 926, 931—933, 939, 941, 958, 992, 997, 1143, 1297; — & Gilchrist 577, 589, 641, 662, 692, 694, 836, 1006, 1089; — & Grove 99; — & White 840; -anlage 1007; -blech 846; -eisen 307, 309; -flufseisen 836, 1014, 1122; -patent 1123; -prozefs 576, 634—665, 673—694, 939, 985, 1010, 1023, 1097, 1120—1123, 1163, 1192, 1217; -roheisen 483, 486, 487; -schlacke 657, 690, 691—693, 1007, 1008; -stahl 397, 1057, 1094, 1111, 1135; -stahlerzeugung 309, 694, 932; -verfahren 344, 881, 883, 992, 1049—1051; -werke 1008, 1023.
Thompson 368.
Thomson, Elihu, 404, 669, 690, 881, 883, 1297; — Electric Welding Company 881.
Thonkanone 1316.
Thorezko 1144.
Thornby 907.
Thurlow 724.
Thurston, Professor, 397, 400.
Thwaite, B. H., 520, 709, 712, 864, 942, 946.
Thwaites & Carbutt 197.
Thyssen & Co. 849.
Tiegelflufsstahl 297, 731—751, 967—999, 1000, 1057; -ofen 532; -presse 188; -schmelzofen 273; -stahlfabrikation 949.
Tiegler 685.
Tieh-Shan-Pú 1353.
Tientsin 1354.
Tilden 763.
Tilder 342.
Tilghman, R. C., 552.
Timby, Th. R., 298.
Tirol 1145.
Tischkette (endlose) 548.
Titan 19, 75, 142; -eisen 350; -stahl 75, 182, 183, 738; -wolframstahl 927.
Titres d'acquits à caution 1098, 1113.
Titusville 1283.
Tokio 1356.
Toldt, Friedr., 713.
Tookey 141.
Tooth, W. H., 114, 590.
Toppe, G., 1353, 1360.
Torf 69, 70, 273, 1241; -gasgenerator 1189; -gasofen 111; -gasschweifsofen 612; -koks 70; -presse 70; -puddelofen 107.
Toroczko 563.

Tosetti 1240.
Tosh 17.
Toskana 285, 1234, 1238, 1240, 1243.
Totten, Chr., 557.
Touragin 286; -prozefs 571.
Tourenzähler 46.
Toussaint, Jos., 679.
Towcester 566, 568, 920.
Transit 1266.
Transportschiffe 1313.
Transvaal 1368.
Trappen, Alfred, 669, 672, 787, 842, 1007, 1075, 1165.
Trasenster, P., 245, 1089, 1291, 1293.
Tratman, E. Russel, 826.
TrattenbacherMessergenossenschaft 1152.
Traversella 35.
Treibach 1144, 1153.
Tremus, A., 356.
Trenton 699, 1280.
Tresca 19, 26.
Tresidder, T. J., 859, 927.
Treuheit 551.
Trêve 482.
Triest 1159, 1160, 1274.
Trinomally 1364.
Triowalzwerk 213, 214, 790, 791, 794, 797.
Trockenofen 549, 550; -reiniger 476, 477, 1097.
Trofayach 457.
Troilus 365, 745, 1187, 1291.
Trollshättan 711, 743.
Troost, L., 27, 342, 351, 385; — u. Hautefeuille 169, 216, 632, 690, 735, 1086.
Troostit 385.
Tropenas 671, 673.
Troy, Troywerke 98, 295, 296, 617, 794, 798, 1279, 1282—1284.
Truran, W., 8, 48, 51, 53, 57, 235, 236, 489.
Trust 1313.
Trzynietz (Trynietz) 605, 662, 716, 1144, 1146, 1149, 1159, 1167.
Tschernoff, D., 569, 628, 766.
Tschirndorf 766.
Tucker, A. E., 350, 609, 750.
Tudhoe Works 237, 242, 598.
Tümpelform 64; -kühlung 58.
Türkey 286, 1272.
Tula 1217 (Mexiko), 1346.
Tunner, Pet. von, 15, 16, 25, 29, 38, 48, 51, 61, 72, 122, 130—135, 137, 145—151, 158, 176, 178, 202, 205, 242, 269—272, 277, 283, 312, 313, 430, 498, 499, 502, 568, 571, 579, 590, 616, 638, 640, 796, 806, 893, 957, 1141, 1148, 1150, 1153, 1205, 1285.
Turk 872.
Turley 65.
Turmhäuser 755.
Turner, Th., 342—346, 358, 527, 528, 744, 763, 840, 936.
Turrach 135, 138, 141, 1146, 1152.
Twedell 620, 874, 928.
Tyres 210.
Tyrone 568, 1289.

U.

Uchatiusprozefs 93; -stahl 182.
Überhebvorrichtung 206.
Ühling, Ed. A., 449, 491, 1316.
Ühlings Giefsvorrichtung 492, 493.
Ülsmann 355, 643, 1002.
Ugandabahn 1367.
Ugé 543.
Ukena 361, 365.
Ulfshytta 677.
Ullgren 141, 356, 357, 1187.
Ulrich 113, 146, 151, 152, 208; —, Aust und Deinich 204; —, Wibmer und Drefsler 237.
Ulverstone 236.
Umbrien 1243.
Underviller 69.
Ungarn 270, 271, 563, 715, 1142—1146, 1150, 1153—1155, 1161, 1162, 1165—1167, 1174—1177.
Unieux 742, 888, 1087, 1093—1095.
Union-Walzwerk 293.
Universal-Walzwerk 205—207, 251, 792, 798, 801, 808, 810, 816, 818, 856, 1148, 1189.
Unterfutter 592; -himmel 1152; -wellenborn 1002; -wind 106; -windbetrieb 727.
Ural 148, 278—280, 283, 450, 457, 458, 1208, 1210—1229; -Wolga-Gesellschaft 1217.
Urff, C. R., 182.

V.

Vahlkampf 790, 1192.
Vajda-Hunyad 434, 563, 1162, 1167.
Valenciennes 612, 664, 1090.
Valentin 154.
Valsassina 1236.
Valton, Fr., 397, 677, 701, 1085, 1091; — & Rémaury 704, 705.
Vanbofs 85.
Vandenbroek, van, 171.
Vanderhayn 608.
Vapart 417.
Vares 1159.
Vataire, de, 21, 36, 503, 585.
Vaughan, J., 47, 196.
Vautharin 825.
Veitsch 1165.
Veitschthal 642, 721.
Venedig 1243.
Ventilator 88, 106, 539.
Verbindungszustand 338.
Verbrauch 255, 1219, 1233, 1248, 1262, 1269.
Verbrennungsofen 355.
Verbundmaschine 779; -panzerplatten 857.
Verdié 177, 178, 180, 185.
Verein 12, 817, 956; — zur Beförderung des Gewerbfleifses 748; — deutscher Eisengiefsereien 89; — deutscher Eisenhüttenleute 318, 395, 777, 889, 989, 1005; — deutscher Ingenieure 318, 395.
Vereinigte Staaten 12, 69, 97, 232, 234, 244, 287—298, 303, 306, 308—310, 318, 335, 396, 397, 451, 479, 493, 509, 515, 561, 563, 568, 569, 586, 588, 589, 594, 615, 624, 666, 668, 671, 672, 683, 684, 702, 706, 707, 710, 719, 720, 724, 729, 730, 734, 748, 753, 755, 782, 790, 793, 812, 842, 865, 866, 871, 873, 893, 894, 932, 953, 1276, 1342.
Vereinsthätigkeit 989.
Versen, Bruno, 688.
Versmann 70.
Versuchsanstalt 891.
Verteilungsring 1088; -trommel 548.
Verwendung (d. Eisens) 225—230, 735—757.
Verzinkungspfanne 844.
Verzinnung 230, 838.
Verzinnungstopf 843.
Vickers, F. E., 28, 144, 145, 219; — & Co. 608, 859, 949; —, Sons & Co. 703.
Victoria, Königin, 957; -Universität 957.
Viertelkarburet 337.
Villerupt 1122.
Vincennes 227.

Digitized by Google

Vjoskagna 1212.
Vivian 26.
Vlothen, van, 1002, 1003, 1005, 1015.
Völklingen 604.
Vogel, O., 673, 1264.
Voigt 1195.
Voisin 533.
Volarno 1236, 1238.
Volhard 359—361.
Volinezvo 1213.
Volterverfahren 883.
Vordernberg 1146, 1157.
Vorfrischen 97; -wärmen 484, 488.
Vorwärtshütte 262.
Vulkan-Eisenhütte 462, 591; -Rollingmill 293, 1274.
Vygen & Co. 642, 687, 999.

W.

Wachler 393, 527, 988, 993.
Wärme 25; —, spezifische, 371; -ausnutzung 373; -bilanz 498, 502, 505, 508; -entwickelung 507; -messung 368; -ökonomie 25, 373; -speicher 702 (= Regenerator); -verbrauch 504, 507; -verzögerung 340.
Wärtsilä 564, 711.
Waffenfabrik 1152.
Wagner, C., Direkt., 30, 117, 148, 207; —, Professor, 693; — & Co. 875.
Wailes 709.
Wainwright 446, 573.
Wakamatsu 1359.
Wales 234.
Walfischrücken 1313.
Walker, Arthur, 548; —, B., 676, 787, 791, 949; — & Warren 590.
Wall u. Black 27.
Wallonschmiede 1186, 1198.
Wallsteinkühlung 58.
Walrand, Charles, 346, 398, 673, 705, 762, 772, 1090, 1095; — & Delattre 668—670, 672, 1091.
Waltenhofen, W., 26, 402.
Walz 551.
Walzdrahtfabrikation 865, 1330.
Walzeisen 1338, 1339; -produktion 1329.
Walzenpresse 544.
Walzformen 205.
Walzwerk 199, 202, 241, 327, 406, 789—822, 869, 1000.
Walzwerkshülfsmaschinen 874—878; -maschine 809; produktion 1330.
Ward 485, 1285.
Warin, Claude, 870.
Warner 578.
Warnström 1190.
Warrants 929.
Warren & Walker 114.
Warschauer Stahlwerk 664.
Wartsilä 1218.
Waschmetall, -ofen, -prozefs 581; -topf 838.
Washburn, J., 229, 866, 1304; — & Moen Manufact. Company 866, 1287.
Wasserbedarf 470; -dampf 79; -druck 401; -form 46, 470; -gas 422, 423, 547, 572, 707, 714; -glas 636, 637, 641; -kühlung 56—58, 119, 467—470; -stoff 351—353, 401; -tümpel 56, 57.
Wasum, A., 348, 711, 751.
Watt 165.
Watts 356.
Wdowizewski, H., 356, 365.
Weardalewerke 136, 242.
Webb 825.
Weber, F., 544.
Webster, J., 399; —, M. R., 401.
Wedding, Dr. Hermann, 9, 28, 32, 46, 98, 105, 106, 119, 129, 135, 136, 139, 146, 147, 169, 187, 218, 312, 313, 348, 351, 356, 361, 365—367, 377, 378, 380—383, 390, 393, 400, 401, 427, 482, 495, 496, 502, 508, 509, 560, 571, 580, 593, 597, 609, 616, 627, 638, 645, 664, 698, 721, 748, 768, 860, 879—892, 975, 988, 1014, 1015, 1028, 1285, 1303.
Wedding-Percy 187.
Wedgewood 369.
Wednesbury 148, 709.
Weeldon, J. R., 556.
Weil 363.
Weimer 434, 479, 1289, 1254.
Weinhold, A., 368, 372.
Weifsbeize 834.
Weifsblech 839, 972, 978; -fabrikation 229, 834, 837, 839, 842, 950, 1318, 1331; -industrie 1304, 1310; -klausel 841.
Weifsmann 355.
Welckner 33.
Wellblech 230, 848; -presse 849.
Wellman, S. T., 724, 725, 730, 778, 808, 815, 851, 1024, 1298, 1301, 1305, 1317.
Welsingham 788.
Weltausstellung 4—6, 111, 158, 181, 202, 209, 215, 216, 230, 312, 316, 317, 461, 744, 779, 781, 866, 1015, 1087, 1092, 1124, 1193, 1285, 1287, 1302, 1365.
Weltersches Gesetz 372.
Weltproduktion 231—233, 899, 1371—1388.
Wendel, de, 111, 122, 247, 447, 610, 662, 679, 986, 999, 1090.
Weniger, A., 99, 114, 184.
Wenström, W., 403, 428, 429, 795.
Wepfer, G., 76.
Werder 390.
Werkzeugfabriken 297.
Werndl, Franz, 1152.
Wernecke 83.
Werschne-Salda 458.
Werschne-Turinsk 282.
Wert 1269.
Werth 338, 339, 379.
Werthheim, J., 546.
Wesenfeld, C. L., 848.
Wesley, Fr., 702.
West, Dr. Th., 530, 531, 538.
Westanfors 630.
West-Bromwich 152.
Westermann 986.
Westermann Iron Company 98.
Westfalen 40, 135, 265, 514, 1001.
West-Hartlepool-Hütte 595.
Westinghouse - Gesellschaft 547, 1300.
Westman 31, 430, 1187.
Wetherill, Rob., & Co. 812.
Wettblasen 510.
Wetzig, A., 544.
Weyer 1151.
Weyl, A., 22, 356.
Weyrich 753.
Wheeler 466.
Whiney, H. M., 1345.
White 207, 928.
Whites Walzwerk 793.
Whitham 113, 597.
Whiting 486.
Whitley, J., 193, 220, 897.
Whitney 34, 556, 1085.
Whitwell 45—47, 497, 934, 958; —, Thomas, 78, 439, 440, 450, 497, 905, 907, 912; —, William, 440; -Apparate 991, 1119; -Winderhitzer 45, 46, 436, 439—441, 446.
Whitworth, Sir Jos., 156, 217, 223, 227, 550, 551, 624, 685, 758—760, 785,

Digitized by Google

924, 927; — & Co. 949, 950; -presse 759, 760.
Wiätka 282.
Wiborgh, J., 357, 362, 367, 370, 449, 480, 487, 893, 1187, 1194.
Wicks & Howson 628.
Wickstead 370.
Wiebmer 151, 153, 438, 501.
Wien 316, 1153.
Wiener Krach 303, 982, 1147; — Weltausstellung 593, 595, 598, 785, 1145—1147.
Wigan 585.
Wigg-, Carlos, Compania 1349.
Wiggins, Henry, 749.
Wikmanshyttan 182.
Wild, H., 397; —, J., 783, 846.
Wilde 577.
Wilhelm I., Kaiser, 195, 222, 225, 226.
Wilhelmshütte b. Waldenburg 550.
Wilkinson, John, 215.
Williams, E., 582, 921, 926; —, Sir John T., 114, 546, 594, 714, 760, 773, 789, 793, 856, 888, 1287; — & White 844.
Williamson 676; — & Neilson 869.
Wilson, Alex, 786, 857, 922, 927; —, Ed. Brown, 91, 106, 201, 368, 616; — Aluminium Co. 745.
Wind 38, 497; -bedarf 72; -druck 495; -erhitzer 41, 78, 434—448, 510, 905, 906, 985, 986, 990, 991, 1001, 1086; -erhitzung 41—43, 77, 432, 435, 494; -erzeugung 432; -form 46, 449; -frischen 614—694, 665—694; -kasten 129; -kochen 294; -pressung 77, 495, 496, 512; -regulator 41; -uhr 131.
Winkler 22, 26, 366, 825.
Winslow 295—297, 610; -Luppenmühle 919.
Winter, G., 536.
Wintzek, Richard, 409, 414.
Wintzer, C., 46, 67, 75, 99, 106, 117, 1002.
Wirtschaftspolitik 982, 992.
Wisconsin 293.
Wishaw 664, 946.
Wisley, Jos., 555.
Witherow, J. P., 668, 669, 672, 1294; — & Gordon 1294.
Witkowitz 75, 145, 153, 183, 271, 606, 640, 646, 647, 662, 664, 676, 677, 716, 721, 722, 747, 1144—1146, 1149, 1150, 1154—1156, 1159—1161, 1164—1168.
Witten 220.
Wittenström, C., 614, 764, 775, 1189, 1190.
Wittgenstein, Karl, 815, 842, 894, 981, 1011, 1012, 1029, 1154, 1156, 1165.
Wittnhöft 669, 672.
Wöhler, A., 23, 28, 29, 355, 356, 390—394, 891.
Wöhlert 40.
Wohlenborg, H., 783.
Wolf 745.
Wolfs Compoundmaschine 795.
Wolfram 19, 85, 349, 401; -Bessemerstahl 168; -eisen 161; -stahl 187, 888.
Wolfsberg 1153.
Wolfsofen 270, 1271.
Wolga-Böhlerstahl 1216.
Wolski, A., 459.
Wolters, J., 494, 499, 502, 602.
Wood, Charles, 518, 527, 528, 594, 616, 747; —, Fr. W., 814, 912, 936, 1317; —, Light & Co. 297; —, R. & Co. 297.
Woodward 82, 517, 535; -ofen 535.
Woolfs System 235.
Woolnough 542.
Woolwich 223, 596, 603.
Wootz 1364.
Worcester (U. S.) 866.
Workington 237, 615, 924; -hütte 911.
Woronzow 1207.
Worthington 216, 753; -pumpe 620, 621.
Wottinsk 138, 282, 1215.
Wresham 705.
Wright, J., 196.
Wrightson, J., 473, 479, 908, 932, 936.
Württemberger 700.
Wüst, Dr. F., 530, 893.
Wulf, A., 850.
Wuth, Otto, 704.
Wyandotte 295, 296.

Y.

Yale-Universität 894.
Yangtsekiang 1353.
Yarrow 116.
Yates, F., 143, 186, 590; —, W., 114.
Yawatamura 1359.
Ybarra, Hermanos, 985; — & Co. 591, 1249, 1251.
York, D., 811.
Yorkshire 243.
Young & Beilby 429.
Youngstown 447, 469, 581, 819, 1281; -ofen 456; — Stell Co. 680.
Ystalifera 99.

Z.

Zabel 369.
Zahlengeschichte (= Statistik) 958, 1034, 1169—1183, 1195—1204, 1219—1234, 1241—1248, 1253—1263, 1320—1342, 1371—1388.
Zahnradformmaschine 87, 544.
Zander 263.
Zaski, J. M., 555.
Zawadski-Eisenwerk 606, 1006.
Zbirow 1146, 1148.
Zeitschriften 334.
Zellenofen 1086.
Zeltweg 153, 623, 1144, 1146, 1149, 1152, 1158.
Zenger 605.
Zerenner, Dr., 404.
Zerreißfestigkeit 392, 398, 399; -probe 395.
Zervaes, Jos., 393, 988.
Zickzackofen 431.
Zimmer, C. S., 693.
Zimmermann 541.
Zinn 839; -kessel 841; -topf 838.
Zintgraff 83.
Zöllner 870.
Zolltarif 253, 1209; -verein 253, 254; -vereinsstaaten 256, 258.
Zorge 103.
Zündnadelgewehr 221, 885.
Zugfestigkeit 392, 395, 397; -kupolofen 83.
Zuschlag 110, 373, 485.
Zweybergk, N. E. von, 795, 1189.
Zwickau 160, 625.
Zwillingsmaschine 433.
Zwischenofen 154.

Digitized by Google

Druckfehlerverzeichnis.

Seite	26,	Zeile	10	von	unten	lies	A. L. Fleury statt A. C. Fleury.
„	34,	„	2	„	„	„	Schwarzkopf statt Schwarzkopff.
„	59,	„	3	„	„	„	Büttgenbach statt Büttchenbach.
„	60,	„	13	„	„	„	„ „ „
„	79,	„	2	„	„	„	Lintorp statt Lindorp.
„	84,	„	6	„	oben	„	Brooman statt Broman.
„	219,	„	7	„	unten	„	„ „ „
„	97,	„	16	„	oben	„	Vorfrischen statt Verfrischen.
„	97, 98, 99,	Überschrift,				„	„ „ „
„	111,	Zeile	14	von	oben	„	Stiering statt Stiring.
„	113,	„	6	„	unten	„	Whitham statt Witham.
„	136,	„	10	„	„	„	Rowan statt Bowan.
„	156,	„	8	„	„	„	Kuppelwieser statt Koppelwieser.
„	173,	„	17	„	oben	„	Attwood statt Atwood.
„	215,	„	9	„	„	„	Dowlais statt Dawlais.
„	271,	„	14	„	unten	„	Hieflan statt Hiflan.
„	281,	„	6	„	„	„	Finnland statt Finland.
„	293,	„	18	„	„	„	Milwaukee statt Millwaukee.
„	334,	„	10	„	„	„	Patentbeschreibung statt Patentverschreibung.
„	338,	„	10	„	„	„	Eisenkarburet statt Kohlenkarburet.
„	346,	„	9	„	oben	„	Walrand statt Wallrand.
„	346,	„	11	„	„	„	G. Hilgenstock statt K. Hilgenstock.
„	398,	„	4	„	unten	„	A. Martens statt C. Martens.
„	401,	„	14	„	„	„	„ „ „ „ „
„	403,	„	12	„	„	„	A. L. Fleury statt A. C. Fleury.
„	403,	„	10	„	„	„	Forquignon statt Fourquignon.
„	413,	„	3	„	„	„	Herbertz statt Herberz.
„	428,	„	18	„	oben	„	Wenström statt Wernström.
„	429,	„	4	„	„	„	„ „ „
„	448,	„	1	„	unten	„	Geisweid statt Geiswerd.
„	449,	„	17	„	oben	„	Schäffer statt Schäfer.
„	456,	„	11	„	unten	„	A. Ledebur statt L. Ledebur.
„	457,	„	5	„	„	„	Ferrie statt Ferry.
„	458,	„	2	„	„	„	Nischnij-Tagilsk statt Nischne-Tagol.
„	480,	„	1	„	oben	„	Steuberville statt Stenberville.
„	498,	„	3	„	„	„	Rinman statt Rinmann.
„	498,	„	4	„	„	„	Gredt statt Greit.
„	523,	„	7	„	„	„	Henry Bessemer statt John Bessemer.
„	531,	„	4	„	„	„	Saigerung statt Seigerung.
„	545,	„	4	„	„	„	S. Oppenheim statt F. Oppenheim.
„	545 (Anmerk.),	Zeile	1	von	unten	lies	S. Oppenheim statt F. Oppenheim.
„	581,	Zeile	1	von	unten	lies	Cambriawerke statt Cambrawerke.
„	598,	„	1	„	oben	„	Tudhoe statt Trudhoe.
„	667,	„	6	„	unten	„	H. Macco statt J. Macco.

Digitized by Google

Seite	689,	Zeile	5	von	oben	lies	Athus statt Althus.
„	706,	„	20	„	„	„	Tamaris statt Tamari.
„	714,	„	18	„	„	„	L. Gruner statt E. Gruner.
„	716,	„	16	„	unten	„	Graz statt Gratz.
„	747,	„	15	„	oben	„	St. Chamond statt St. Chammond.
„	758,	„	5	„	unten	„	Chaléassière statt Caléassière.
„	858,	„	17	„	oben	„	Cammell statt Cammel.
„	872,	„	3	„	„	„	Gutmann statt Guttmann.
„	894,	„	13	„	„	„	Rensselar statt Rensselar.
„	942,	„	21	„	unten	„	Radcliffe statt Ratcliffe.
„	1027,	„	18	„	„	„	Reinhard statt Richard.
„	1121,	„	13	„	„	„	Bonehill statt Benehill.
„	1152,	„	12	„	oben	„	Steyr statt Steyer.
„	1157,	„	7	„	„	„	Poldihütte statt Goldihütte.
„	1169,	„	16	„	unten	„	Roheisenproduktion statt Roheisenförderung.
„	1194,	„	9	„	oben	„	Wiborgh statt Wiborg.
„	1280,	„	5	„	unten	„	Pilot Knob statt Pilot Kob.
„	1282,	„	19	„	oben	„	Alexander Holley statt John Holley.
„	1286,	„	9	„	unten	„	„ „ „ Fritz Holley.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Digitized by Google

by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

RETURN TO ➡ **CIRCULATION DEPARTMENT**
202 Main Library

LOAN PERIOD 1 **HOME USE**	2	3
4	5	6

ALL BOOKS MAY BE RECALLED AFTER 7 DAYS
1-month loans may be renewed by calling 642-3405
6-month loans may be recharged by bringing books to Circulation Desk
Renewals and recharges may be made 4 days prior to due date

DUE AS STAMPED BELOW

INTERLIBRARY LOAN		
JAN 11 1978		
UNIV. OF CALIF., BERK.		
REC. CIR. FEB 14 '78		

FORM NO. DD 6, 40m 10'77 UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY
BERKELEY, CA 94720